



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Profesional de Física

**“Estimación de la incertidumbre y variables de
temperatura en la calibración de un medio isoterma”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Física

AUTOR

Elizabeth Angélica VALENCIA CURRO

ASESOR

Melchor Nicolás LLOSA DEMARTINI

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Valencia, E. (2018). *“Estimación de la incertidumbre y variables de temperatura en la calibración de un medio isoterma”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Física]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN FÍSICA

Siendo las 18:00 horas del martes 31 de julio de 2018, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Físicas (Auditorio 109), bajo la Presidencia del Lic. Moisés Humberto García Santivañez (Presidente), Lic. Gilberto Yactayo Yactayo (Miembro), y el Mg. Melchor Nicolás Llosa Demartini (Asesor), se dió inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica para la Licenciatura en Física, mediante la Modalidad M3 – Por Suficiencia Profesional, de la Bachiller:

ELIZABETH ANGÉLICA VALENCIA CURRO

Dando lectura al Resumen del Expediente, el Presidente del Jurado, invitó a la Bachiller Elizabeth Angélica Valencia Curro, a realizar una exposición del Trabajo de Monografía Técnica titulada: "Estimación de la incertidumbre y variables de temperatura en la calibración de un medio isoterma".

Concluida la exposición de la candidata y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado, el Presidente, invitó a la Bachiller y al público a abandonar momentáneamente la Sala de Sesión, para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Asimismo, se verificó que el promedio obtenido por la bachiller en el VIII Ciclo de Actualización Profesional es de quince (15).

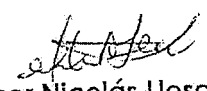
Al término de la deliberación del Jurado el Lic. Moisés Humberto García Santivañez, invitó a la candidata y al público a pasar a la Sala de Sesión, para dar lectura al resultado de la deliberación. Ha obtenido la calificación de:

15	15	15
NOTA DEL VIII CAP	NOTA DE LA SUSTENTACIÓN DE LA MONOGRAFÍA	PROMEDIO

Finalmente, el Presidente del Jurado, propone al Consejo de la Facultad que se le declare Licenciada en Física a la Bachiller Elizabeth Angélica Valencia Curro En virtud de haber obtenido un promedio de... quince (15). Según el artículo 46° del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Físicas. Siendo lasHoras, se levanta la Sesión.


Lic. Moisés Humberto García Santivañez
PRESIDENTE


Lic. Gilberto Yactayo Yactayo
MIEMBRO


Mg. Melchor Nicolás Llosa Demartini
ASESOR

RESUMEN

El tema de la siguiente monografía es estimar la incertidumbre de calibración de un medio isoterma con el fin de determinar la confiabilidad y calidad de los resultados.

Para esto realizamos tres procesos de carga¹ (0%, 50% y 100%); para un mismo equipo (REFRIGERADOR), calculando las variables que influyen en la distribución de temperatura dentro del volumen interno.

Se demuestra que las desviaciones de temperatura varían de acuerdo a los tres procesos de carga suministrada en el volumen de trabajo (0%, 50% y 100%) tienden a cambiar.

Las variaciones térmicas encontradas son la Uniformidad y la desviación de temperatura en el espacio (DTE), para la primera se obtuvo una medida de 0,53 °C, por consiguiente se obtuvo un incremento de 0.53°C de 0% a 100% de carga. Y para la variable la desviación de temperatura en el espacio (DTE), se obtuvo una disminución de 0.20 °C de 0% a 100% de carga. Observándose que el refrigerador tiene una mejor estabilidad térmica al incrementar la carga a 100%.

¹ se refiere al tipo de material que guarda el usuario en la refrigeradora

DEDICATORIA

*A mi madre que siempre está presente,
a mi padre por su apoyo constante,
a mis pequeñas Camila, Rafaela y el pequeño Pablito
y a mi esposo Luis Alberto por quererme en todo momento.
Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

AGRADECIMIENTOS

*Mi gratitud a todos los que me apoyaron en la finalización de mi
monografía, de manera especial
a mi esposo Luis Alberto por su apoyo constante y desinteresado,
a mi jefa la **Lic. Elizabeth Rafael Dueñas** (ENERLAB SAC)
Quien me dio las facilidades en la parte laboral,
y al **Prof. Melchor Llosa** quien
me brindo todas las herramientas suficientes
para poder construir y terminar mi trabajo.*

Índice

Índice de tablas.....	2
Índice de figuras.....	3
1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	6
3.1 Preguntas de Investigación.....	7
3.2 Hipótesis.....	7
3.3 Variables.....	7
4. Marco teórico.....	8
4.1 La incertidumbre de la medición.....	8
4.1.1 Incertidumbre estándar.....	9
4.1.2 Evaluación de Incertidumbre Tipo A.....	9
4.1.3 Evaluación de Incertidumbre Tipo B.....	9
4.1.4 Incertidumbre combinada.....	10
4.1.5 Incertidumbre expandida.....	10
4.1.6 Factor de cobertura.....	10
4.2 Metrología.....	11
4.2.1 Tipos de Metrología.....	11
4.3 Sistema Internacional de Unidades (SI).....	12
4.4 La Norma Iso 17025.....	12
4.5 Procedimiento de Calibración PC-018.....	12
5. Metodología.....	25
6. Datos y Procesamiento.....	26
7. Resultados y Análisis.....	48
8. Conclusiones.....	51
9. Anexos.....	52
10. Bibliografía.....	71

Índice de tablas

Tabla 1: Incertidumbre asociada a la interpolación por tipo de sensor.....	22
Tabla 2: Datos de la medición para 0% de carga.....	26
Tabla 3: Datos de la medición para 50% de carga.....	27
Tabla 4: Datos de la medición para 100% de carga.....	28
Tabla 5: Resultados de la calibración del juego de Termopares patrones.....	29
Tabla 6: Correcciones de los termopares en 0% de.....	30
Tabla 7: Correcciones de los termopares en 50% de.....	31
Tabla 8: Correcciones de los termopares en 100% de.....	32
Tabla 9: Correcciones y promedios de los datos en 0%.....	33
Tabla 10: Correcciones y promedios de los datos en 50%.....	36
Tabla 11: Correcciones y promedios de los datos en 100%.....	39
Tabla 12: Calculo de incertidumbre para 0%.....	42
Tabla 13: Calculo de incertidumbre de los promedios para 0%.....	42
Tabla 14: Resultados de la medición para 0%.....	43
Tabla 15: Calculo de incertidumbre para 50%.....	44
Tabla 16: Calculo de incertidumbre de los promedios para 50%.....	44
Tabla 17: Resultados de la medición para 50%.....	45
Tabla 18: Calculo de incertidumbre para 100%.....	46
Tabla 19: Calculo de incertidumbre de los promedios para 100%....	46
Tabla 20: Resultados de la medición para 100%.....	47
Tabla 21: Comparación de los resultados.....	48
Tabla 22: Comparación de la máxima temperatura.....	48
Tabla 23: Resultados de la cantidad de carga vs. Uniformidad.....	49
Tabla 24: Resultados de la cantidad de carga vs. DTE.....	50

Índice de figuras

Figura 1: Posición de los planos de medición	16
Figura 2: Altura de los sensores de temperatura sobre las parrillas.....	16
Figura 3: Disposición de cinco sensores de temperatura en un plano.....	17
Figura 4: Distancia de los sensores de temperatura desde las paredes del volumen interno.....	17
Figura 5: La distribución de los termopares dentro del volumen interno de la refrigeradora.....	25
Figura 6: Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un con 0% de carga del volumen interno.....	34
Figura 7: Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un con 0% de carga del volumen interno.....	34
Figura 8: Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un con 0% de carga del volumen interno.....	35
Figura 9: Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un con 0% de carga del volumen interno.....	35
Figura 10: Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un con 50% de carga del volumen interno.....	37
Figura 11: Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un con 50% de carga del volumen interno.....	37
Figura 12: Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un con 50% de carga del volumen interno.....	38
Figura 13: Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un con 50% de carga del volumen interno.....	38
Figura 14: Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un con 50% de carga del volumen interno.....	40
Figura 15: Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un con 100% de carga del volumen interno.....	40
Figura 16: Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un con 100% de carga del volumen interno.....	41

Figura 17: Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un con 100% de carga del volumen interno.....	42
Figura 18: Grafico uniformidad vs. Carga.....	49
Figura 19: Grafico DTE vs. Carga.....	50

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de nuestras vidas nos hemos visto en la necesidad de comprar una refrigeradora para mantener los alimentos en buen estado; y no solo nosotros, sino también empresas de diferentes rubros.

Ahora bien, como demostrar que la posición del selector de una refrigeradora, permitirá que la distribución interna de temperatura no supere los límites establecidos por algún ente regulatorio o la tolerancia del usuario final.

La aplicación de un procedimiento de calibración, permitirá saber la distribución de temperatura dentro del volumen interno del equipo, dando como resultado una incertidumbre expandida, como consecuencia de los diferentes factores que intervienen en la calibración.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

- Estimar la incertidumbre de la calibración de una refrigeradora, encontrando que la temperatura se encuentre dentro de las especificaciones del usuario.

2.2 Objetivos específicos:

- Cuantizar las variables que influyen en el resultado de la calibración de un medio isoterma
- Comparar las desviaciones de temperatura cuando el refrigerador se encuentra con carga, media carga y vacío.

3. PREGUNTAS E HIPOTESIS

3.1 Preguntas de investigación

¿Cuáles son las variables que influyen en el resultado de la calibración de un medio isoterma?

¿Qué variables influyen en la temperatura del medio isoterma?

3.2 Hipótesis

Si aplicamos el Procedimiento de calibración de medio isoterma², podemos calcular las variables que influyen en la temperatura y la incertidumbre para tres procesos de carga (0%, 50% y 100%).

3.3 Variables

- La desviación de temperatura en el espacio (DTE).
- La desviación de temperatura en el tiempo (DTT).
- La Incertidumbre expandida.
- La uniformidad.
- La estabilidad
- La máxima y mínima temperatura promedio.

² 2009 PC-018 INACAL-DM

4 MARCO TEÓRICO:

4.1 La Incertidumbre de la medición

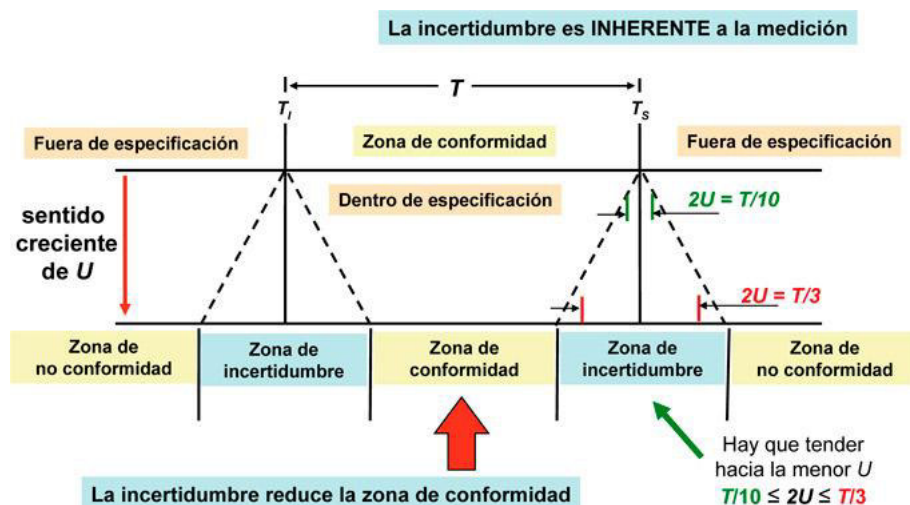
La “incertidumbre” según la Real Academia de Lengua Española, significa falta de certidumbre o certeza, es decir “una duda”, y para nuestro caso la “incertidumbre de la medición” significara una duda en la validez del resultado de una medición.

La definición de la incertidumbre no está alejada de lo escrito anteriormente. Según el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología),

“Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”

En general, la incertidumbre de una medición comprende muchas componentes. Algunas de estas componentes pueden ser evaluadas a partir de la distribución estadística de los resultados de una serie de mediciones y puede ser caracterizada por desviaciones estándar experimentales.

Las otras componentes, que también pueden ser caracterizadas utilizando desviaciones estándar, se determinan a partir de distribuciones de probabilidad supuestas, basadas en la experiencia u otra información.



4.1.1 Incertidumbre Estándar

Incertidumbre del resultado de una medición expresada como una desviación estándar.

4.1.2 Evaluación de Incertidumbre (Tipo A)

Método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones

$$U = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde

s= desviación estándar

n = número de mediciones

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

4.1.3 Evaluación de Incertidumbre (Tipo B)

Método para evaluar la incertidumbre por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de observaciones, por ejemplo de un certificado de calibración.

$$u_p = \frac{U_p}{k_p}$$

Donde

u_p = Incertidumbre combinada

U_p = Incertidumbre expandida

k_p = factor de cobertura

4.1.4 Incertidumbre Estándar Combinada (u)

Incertidumbre estándar de resultado de una medición cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de algunas otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo estos términos las varianzas y covarianzas de estas otras magnitudes ponderadas de acuerdo como el resultado de la medición varía con respecto a cambios en estas magnitudes.

4.1.5 Incertidumbre Expandida (U)

Cantidad que define un intervalo alrededor de una medición del que se puede esperar que abarque una fracción grande de la distribución de valores que razonablemente pudieran ser atribuidos al mensurando. A la incertidumbre expandida se le denomina incertidumbre total.

$$U = ku$$

4.1.6 Factor de cobertura (k)

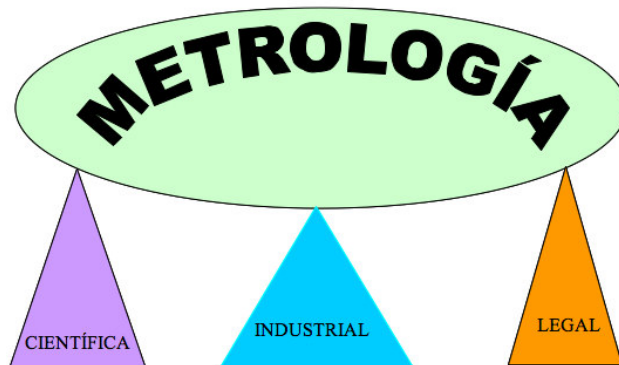
Factor numérico usado como multiplicador de la incertidumbre estándar combinada con el propósito de obtener una incertidumbre expandida. El factor de cobertura “ k ”, usualmente toma valores en el intervalo de 2 a 3.

4.2 Metrología

Cuando hablamos de metrología, decimos que es el estudio de las mediciones. No obstante debemos mencionar las aplicaciones técnicas o prácticas, cualquiera sea la incertidumbre de la medición o campo de aplicación.

4.2.1 Tipos de metrología

La metrología se divide en científica, industrial y legal.



Metrología científica

Se ocupa de la investigación, desarrollo de nuevos patrones, así como también del mantenimiento de los patrones primarios y nuevos sistemas o tecnologías para mejorar las mediciones.

Metrología industrial

Consiste en mantener la trazabilidad metrológica y documentaria de los patrones usados en la industria según procedimientos y normas estandarizadas.

Metrología legal

Ejerce el control metrológico en el comercio, salud, industria, etc. Según el estado lo autorice para velar por la protección del consumidor.

4.3 Sistema Internacional de unidades (SI)

El Sistema Internacional de Unidades tiene por objetivo definir la unidad básica de las mediciones así como la longitud, masa, temperatura, etc.

En nuestro caso especialmente se definirá la temperatura, como la medida de la energía cinética de las moléculas de un cuerpo. La unidad en que se mide es en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) o grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

4.4 La norma ISO/IEC 17025

La actual norma 17025:2017 establece los pasos a seguir para que un laboratorio también de calibración demuestre su competencia técnica en las mediciones que realiza.

Para nuestro caso en uno de los puntos de la norma exige usar procedimientos normalizados. O si son propios validarlos dentro de los márgenes usados para su creación y experiencia.

Según la norma 17025 debemos tener, programas de calibración, mantenimiento si fuera el caso y verificación del equipamiento que interviene en la calidad de los resultados.

La incertidumbre de la medida definida anteriormente, también está contemplada dentro de la norma como una guía para la expresión de la incertidumbre de las medidas.

El procedimiento a usar es la PC-018, donde demostramos todo el proceso de calibración de la refrigeradora.

4.5 Procedimiento de calibración

La PC-018 es el procedimiento idóneo para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático.

Principalmente para el fin de la monografía se usó como medio isoterma una refrigeradora de marca nacional.

Debido a la forma del instrumento de medición se realizó la calibración en una zona única cuya temperatura de trabajo es de 2°C a 8°C, y no como dice el procedimiento, que por lo general una refrigeradora cuenta con dos compartimientos (adicionando un congelador dentro o externo de la refrigeradora).

Este tipo de equipos tiene un ventilador fuera del mismo como se observa en la figura XX, a este tipo de ventilación se denomina forzada según la PC-018.

4.5.1 Equipos y materiales auxiliares.

Los equipos e instrumentos que se necesita son:

- Para medir las condiciones ambientales, que según procedimiento debe estar entre 15°C a 32°C.



- Para medir la longitud del volumen interno.



- Para medir el instante de tiempo, y registrarlo en las hojas de medición.



- Para medir el voltaje, a la cual ha sido conectado el equipo, solo para verificar condiciones de operación del fabricante.



- Para medir las temperaturas internas distribuidas homogéneamente dentro del refrigerador.



- Equipos adicionales para el montaje del sistema, si fuera el caso.



4.5.2 Ubicación de los sensores

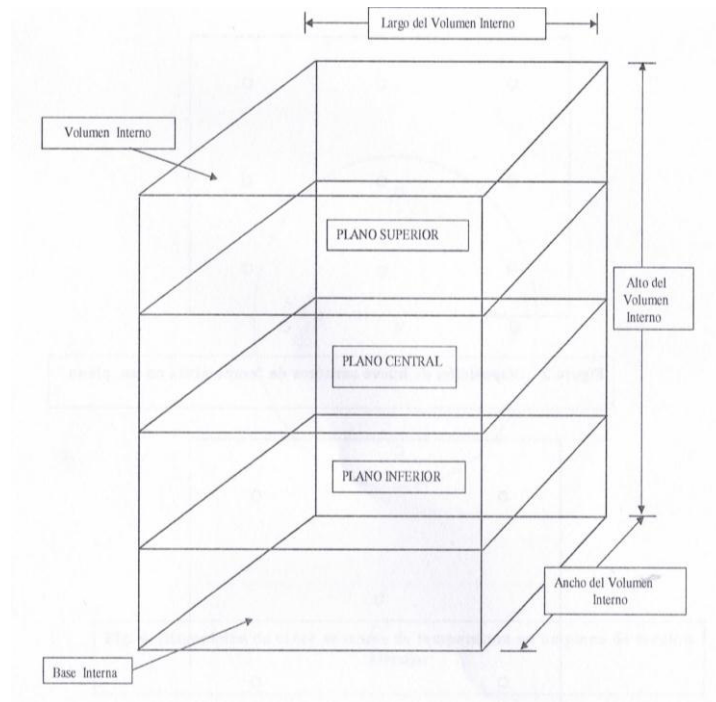


Figura 1. Posición de los planos de medición

Fuente. 2009, PC-018, 2da edición, Editorial Indecopi

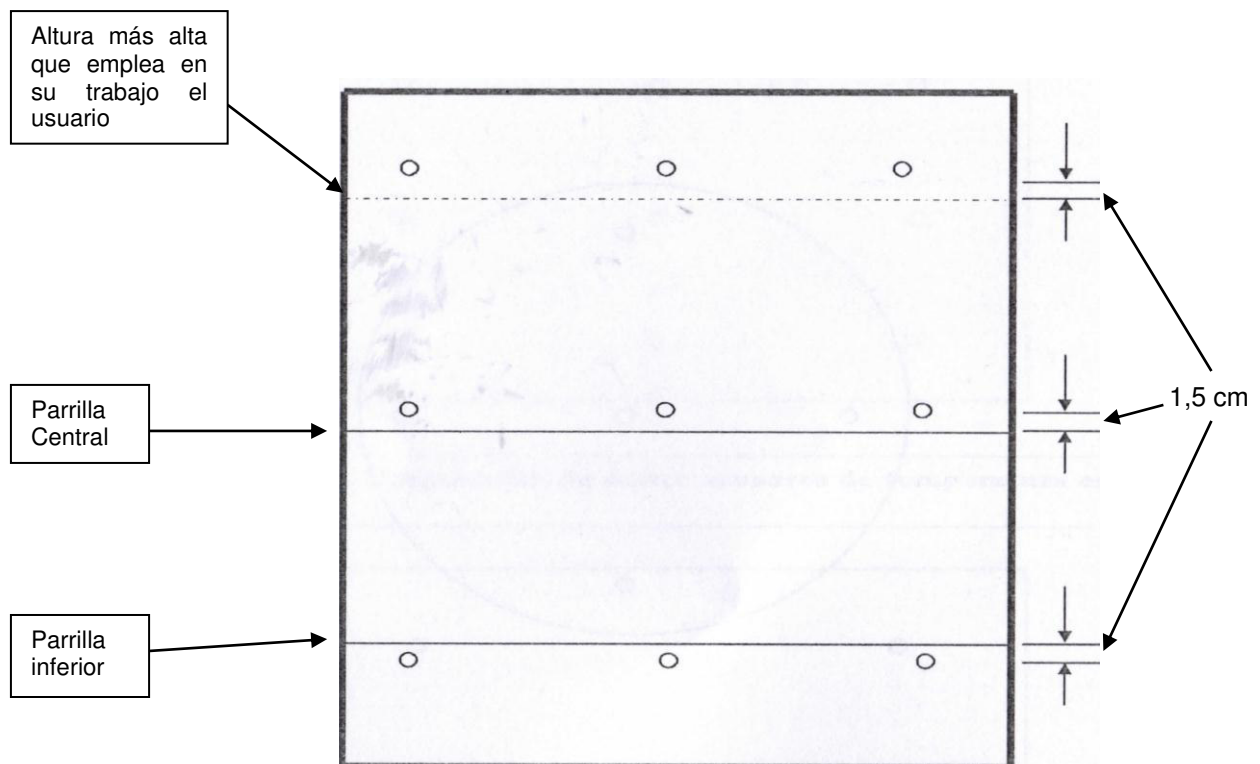
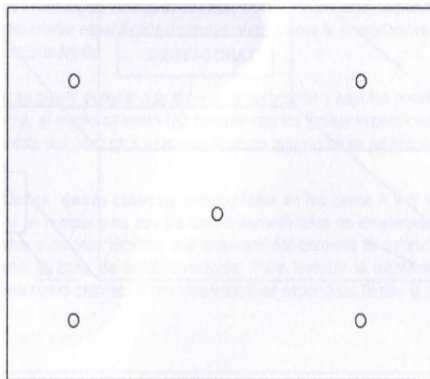


Figura 2. Altura de los sensores de temperatura sobre las parrillas

Fuente. 2009, PC-018, 2da edición, Editorial Indecopi



*Figura 3. Disposición de cinco sensores de temperatura en un plano.
Fuente. 2009, PC-018, 2da edición, Editorial Indecopi*

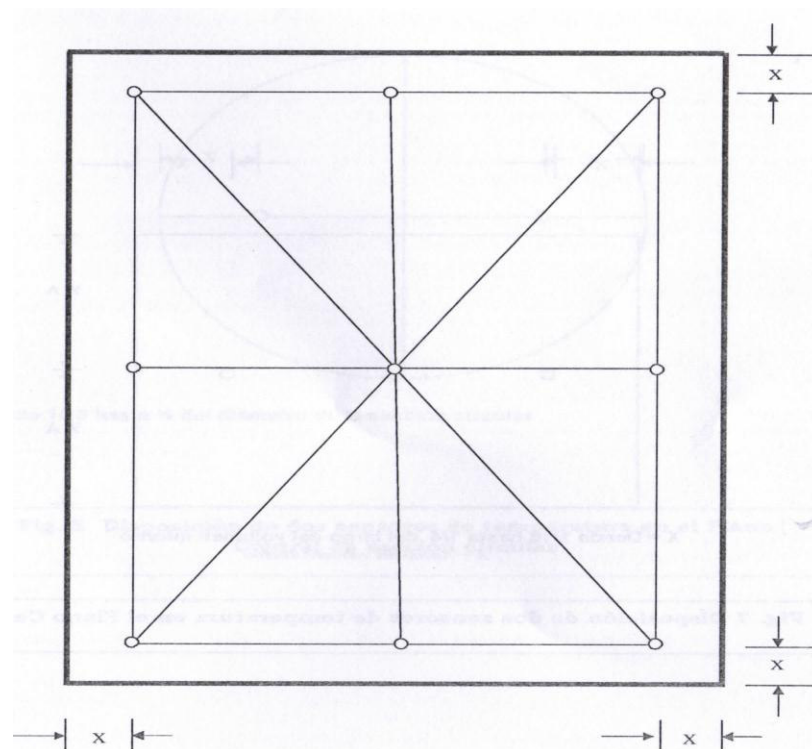


Figura 4. Distancia de los sensores de temperatura desde las paredes del volumen interno.

Fuente. 2009, PC-018, 2da edición, Editorial Indecopi

X= Desde 1/10 hasta 1/4 del ancho, largo o alto del volumen interno

4.5.3 Desviaciones espaciales de temperatura

Son las diferencias entre las temperaturas registradas simultáneamente en diferentes puntos espaciales ubicados dentro del volumen interno, después de que ha sido ajustado el selector de temperatura.

4.5.4 Desviaciones de temporales de temperatura

Son las diferencias entre las temperaturas registradas en diferentes instantes para un mismo punto espacial ubicado dentro del volumen interno, después de que ha sido ajustado el selector de temperatura y que el estado estacionario ha sido alcanzado.

4.5.5 Toma de datos

Orden de Trabajo: -2017		Certificado N°: CLT- -2017	
Expediente: -2017		Fecha de Emisión:	
SOLICITANTE:			
DIRECCIÓN:			
UNIDAD BAJO PRUEBA: REFRIGERADORA			
Marca: CIMMSA	Serie: No Indica	Ventilación: Forzada	
Modelo: No Indica	Identificación: REF 1 (*)	Temperatura de Trabajo: 5 °C	
Procedencia: Perú	Ubicación: Almacén de Temperatura Controlada	Tolerancia: 3 °C	
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Y/O CONTROL: Termómetro-Controlador			
Marca / Modelo: FULLGAUGE / MT-512Ri	Alcance de Indicación: No Indica		
Identificación: No Indica	División mínima / Resolución: 0,1 °C		
Tipo: Digital	Decimal: 1		

Según la PC-018, tomaremos datos manualmente, registrando la temperatura del termómetro propio del refrigerador y de los sensores de temperatura tipo K, distribuidos en el volumen interno del equipo.

A continuación se muestra un ejemplo de toma de datos en una hoja de medición, teniendo en cuenta que tiene que cumplir al menos 60 minutos de toma total de datos, es decir cada dos minutos se registrara una serie de 12 mediciones de los sensores de temperatura.

SIN CARGA	Termopares											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Termopar: k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deriva Max	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	5.5	4.5	4.2	3.8	4.0	4.1	4.1	4.2	3.7	4.0	4.1	4.0
2	4.6	3.8	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.8	3.3	3.7	3.6	3.8
4	4.3	3.7	3.5	3.3	3.2	3.3	3.3	3.5	3.1	3.5	3.4	3.6
6	3.7	3.3	3.0	3.2	3.0	3.2	3.2	3.5	3.4	2.8	3.3	3.0
8	3.6	3.2	3.1	2.2	2.8	2.7	2.8	2.7	3.0	2.3	3.0	3.0
10	3.4	3.0	2.9	3.1	2.8	2.9	2.9	3.1	3.2	2.5	3.2	2.9
12	4.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.4	3.4	3.3	3.5	3.1	3.6	3.2
14	4.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.8	3.1	3.8	3.5	3.7
16	5.0	3.7	3.8	4.0	3.8	3.9	4.0	4.0	3.5	4.1	3.8	4.1
18	5.4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1	4.2	3.9	4.2	4.1
20	5.6	4.2	4.2	3.8	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.1	4.5	4.2
22	5.3	4.1	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0	3.6	4.1	4.0

Cuando se concluye las mediciones de los tres procesos de carga (se refiere al tipo de material que guarda el usuario en la refrigeradora) se pasara a la siguiente evaluación.

4.5.6 Tratamiento de resultados

Después de la toma de datos, cada proceso de carga (0%, 50% y 100 %), será evaluado de acuerdo a las contribuciones de error e incertidumbres asociadas en la calibración.

Según la teoría de la PC-018, se tendrá la siguiente ecuación para cada sensor de temperatura:

$$T = T_i + C_c + C_d + C_b + C_i + \dots \quad (1)$$

Donde:

T : Temperatura convencionalmente verdadera.

T_i : Temperatura indicada por el sistema de medición.

C_c : Corrección por el certificado de calibración del sistema de medición del sensor i.

C_d : Corrección por la apreciación en la resolución del sistema de medición.

C_D : Corrección por la deriva del sensor de temperatura I y su unidad indicadora desde su última calibración.

C_i : Corrección por interpolación hecha al calcular la corrección del sensor de temperatura x.

Los valores más probables de las correcciones C_d , C_D , C_i son nulas pero sus incertidumbres asociadas no lo son. La ecuación (1) se convierte así en:

$$T = T_i + C_c \dots\dots\dots (2)$$

4.5.7 Cálculo de incertidumbres

Como se indicó anteriormente el cálculo de incertidumbre de un sensor de temperatura x, no es cero para cada una de las contribuciones descritas a continuación:

$$T = T_i + C_c + C_d + C_D + C_i + \dots \quad (1)$$

La incertidumbre asociada se obtiene aplicando la ecuación de propagación de la incertidumbre de acuerdo con la “Guía para la expresión de la Incertidumbre en la Medición”. Al ser una suma y considerando que las componentes son independientes entre sí, el cuadrado de la incertidumbre total en T es la suma de los cuadrados de las incertidumbres de las componentes T_i ; C_c ; C_d ; C_D ; C_i denotadas por u_i ; u_c ; u_d ; u_D ; u_i respectivamente.

$$u^2_T = u^2_i + u^2_c + u^2_d + u^2_D + u^2_i \dots\dots\dots (3)$$

encontramos u_i empleando como una suficiente aproximación la siguiente expresión:

$$U_i = s / \sqrt{m} \dots\dots (4)$$

Donde s es la desviación estándar de los m máximos detectados con el sensor de temperatura A durante las mediciones hechas dentro del “tiempo total” (m mayor o igual que 3)

u_c es la incertidumbre estándar que se extrae del certificado de calibración del sistema de medición: sensor de temperatura x más su unidad indicadora.

u_d es la incertidumbre asociada a la apreciación de la resolución d y depende del número de partes q en que se puede subdividir d. según la ecuación establecida para la distribución estadística de tipo rectangular:

$$U_d = a / \sqrt{3} \dots\dots (5)$$

Donde $a = d / q$ (si el sistema es digital entonces $q=2$)

u_D es la incertidumbre asociada a la deriva del sensor de temperatura x y su unidad indicadora desde su última calibración. Para esto debe tenerse los datos históricos de la deriva del sistema. Según datos si la máxima deriva encontrada para el sensor x es D_M , entonces, según la ecuación establecida para la distribución estadística de tipo rectangular:

$$U_D = fD_M / \sqrt{3} \dots\dots (6)$$

Donde f es la fracción del periodo de calibración establecido para el sistema de medición de temperatura transcurrida hasta el momento en que se realiza la calibración del medio isoterma.

u_i es la incertidumbre asociada a la interpolación hecha al calcular la corrección del sensor de temperatura. Para sensores de temperatura tales como los termopares más usuales, u_i puede estimarse de la siguiente tabla:

Tabla 1

Tipo de sensor de temperatura	Valores de calibración	u_i (°C)
K	Cada 100 °C	0,25
	Cada 300 °C	0,75
J	Cada 100 °C	0,2
	Cada 200 °C	0,25
T	Cada 50 °C	0,025
	Cada 100 °C	0,05

Tomado de la Norma ASTM E220-02

a) Incertidumbre de las desviaciones de temperatura del medio isoterma a medir

Desviación espacial:

$$u^2_{B-E} = u^2_{iB} + u^2_{iE} + 2u^2_d + u^2_{DB} + u^2_{DE} - 2u_{iB} u_{iE} \dots\dots\dots (7)$$

Los sensores B y E representa el promedio de la mayor diferencia. Al restar los promedios las incertidumbres por las correcciones del certificado de ambos y las interpolaciones asociadas, dado que es el mismo certificado, tienden a cancelarse quedando la ecuación (7).

Donde:

$$u_{iE} = s_E / \sqrt{n} \dots\dots\dots (8)$$

$$u_{iB} = s_B / \sqrt{n} \dots\dots\dots (9)$$

s_B ; s_E son las desviaciones estándar d las n mediciones hechas con el sensor B y con el sensor E durante el “tiempo total”.

Similarmente y de acuerdo a las ecuaciones (5) y (6) se obtienen los valores de u_d ; u_{DB} ; u_{DE} que son las incertidumbres por la resolución y por la deriva del sensor B y del sensor E respectivamente.

La ecuación (7) puede expresarse de la siguiente forma:

$$u^2_{B-E} = (u_{iB} - u_{iE})^2 + 2u_d^2 + u_{DB}^2 + u_{DE}^2 \dots\dots\dots (10)$$

Uniformidad:

$$u^2_{BB-EE} = (u_{iBB} - u_{iEE})^2 + 2u_d^2 + u_{DBB}^2 + u_{DEE}^2 \dots\dots\dots (11)$$

donde el sensor BB indica la mas alta temperatura y el sensor EE indica la mas baja temperatura.

Donde:

$$u_{iBB} = s_{BB} / \sqrt{m_{BB}} \dots\dots (12)$$

$$u_{iEE} = s_{EE} / \sqrt{m_{EE}} \dots\dots (13)$$

s_{BB} ; s_{EE} son las desviaciones estándar de las m_{BB} ; m_{EE} máximos detectados con el sensor BB y con el sensor EE durante el “tiempo total” respectivamente. Tanto m_{BB} como m_{EE} deben ser mayores o iguales que 3.

Desviación temporal.-

Para la desviación temporal se toma la máxima DTT obtenida. Sea F el sensor que muestre dicha máxima diferencia. Aplicando la ecuación (10) nos quedaría:

$$\begin{aligned} u^2_{F-F} &= (u_{iF} - u_{iF})^2 + 2u_d^2 + u_{DF}^2 + u_{DF}^2 \\ u^2_{F-F} &= 2u_d^2 + 2u_{DF}^2 \\ u^2_{F-F} &= 2u_d^2 \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

la estabilidad se definió como $\pm \frac{1}{2}$ máx. (DTT) por lo cual su incertidumbre estándar u_{EST} asociada es $\frac{1}{2} u_{F-F}$:

$$u_{EST} = 1/2 u_{F-F}$$

$$u_{EST} = u_d / \sqrt{2} \dots\dots (15)$$

Incertidumbre de las indicaciones del termómetro propio del medio isoterma.-

U_{dTP} es la incertidumbre asociada a la apreciación de la resolución d_{TP} del termómetro propio del medio isoterma y depende del número de partes q' en que se puede subdividir d_{TP} . Según la ecuación establecida para la distribución estadística de tipo rectangular:

$$u_{dTP} = a' / \sqrt{2} \dots\dots (16)$$

Donde $a' = d_{TP} / q'$ (si el sistema es digital entonces $q=2$)

Incertidumbres expandidas.-

En todos los casos se considera incertidumbres expandidas U se obtienen multiplicando las respectivas incertidumbres estándar u por el factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%:

$$U = ku$$

$$U = 2u \dots\dots\dots (17)$$

5 METODOLOGÍA

Aplicamos el procedimiento para calibración de Medios isotermos, y ubicamos los sensores dentro de la refrigeradora.

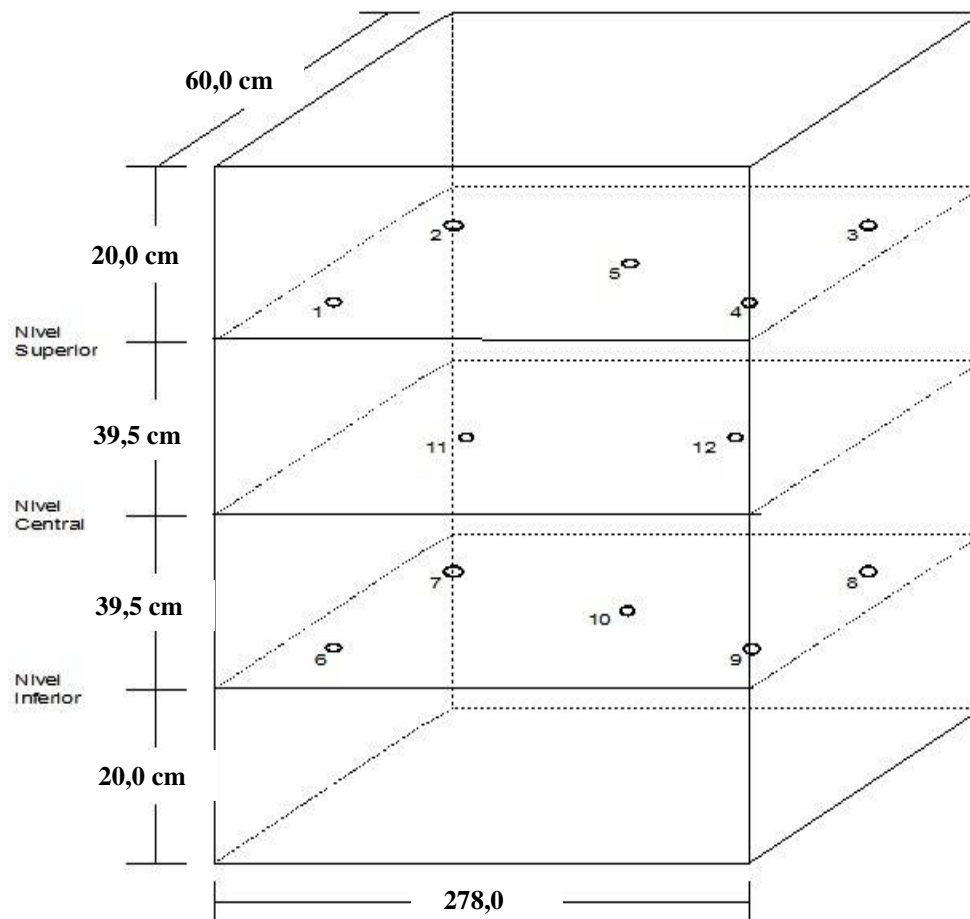


Figura 5. La distribución de los termopares dentro del volumen interno de la refrigeradora.

6 DATOS Y PROCEDIMIENTO

6.1 De los datos tomados en la calibración.- Tenemos los siguientes datos para la calibración de una refrigeradora.

EXP. XXXX-2017

INSTR. MEDIC. Termómetro digital

Marca: CIMMSA

Alcance: No Indica

Modelo: No Indica

Resolución: 0,1 °C

Serie: No Indica

Marca: FULL GAUGE

Procedencia: Perú

Función: Termómetro – Controlador.

Tabla 2

SIN CARGA		Termopares											
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10	K-11	K-12
Termopar: Tipo K		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deriva Max		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	5.5	4.5	4.2	3.8	4.0	4.1	4.1	4.1	4.2	3.7	4.0	4.1	4.0
02	4.6	3.8	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.3	3.7	3.6	3.8
04	4.3	3.7	3.5	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.5	3.1	3.5	3.4	3.6
06	3.7	3.3	3.0	3.2	3.0	3.2	3.2	3.5	3.4	2.8	3.3	3.0	3.2
08	3.6	3.2	3.1	2.2	2.8	2.7	2.8	2.7	3.0	2.3	3.0	3.0	3.0
10	3.4	3.0	2.9	3.1	2.8	2.9	2.9	3.1	3.2	2.5	3.2	2.9	3.2
12	4.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.4	3.4	3.3	3.5	3.1	3.6	3.2	3.6
14	4.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.8	3.1	3.8	3.5	3.7
16	5.0	3.7	3.8	4.0	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0	3.5	4.1	3.8	4.1
18	5.4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1	4.2	3.9	4.2	4.1	4.2
20	5.6	4.2	4.2	3.8	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.1	4.5	4.2	4.4
22	5.3	4.1	4.0	4.0	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0	3.6	4.1	4.0	4.1
24	4.8	3.8	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.2	3.7	3.5	3.6
26	4.6	3.6	3.5	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	2.9	3.5	3.3	3.5
28	4.1	3.2	3.2	2.9	3.0	3.1	3.1	3.0	3.1	2.5	3.2	3.1	3.3
30	3.8	3.2	3.0	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8	3.0	2.4	3.1	2.8	3.2
32	3.5	2.8	2.7	3.1	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.5	2.9	2.6	3.0
34	3.7	3.1	3.1	3.2	3.0	2.8	2.8	2.9	3.1	2.7	3.3	3.1	3.3
36	4.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.6	2.8	3.6	3.2	3.6
38	4.7	3.6	3.5	3.7	3.5	3.5	3.5	3.6	3.7	3.3	3.7	3.5	3.7
40	5.1	3.9	3.8	4.0	3.8	3.8	3.8	3.7	3.9	3.7	4.0	3.8	4.0
42	5.4	4.2	4.1	4.3	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.1	4.3	4.1	4.3
44	5.6	4.3	4.3	4.5	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3
46	5.5	4.3	4.2	4.0	4.2	4.1	4.1	4.1	4.2	3.5	4.2	4.2	4.1
48	5.1	4.0	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.8	3.3	4.0	3.7	4.0
50	4.6	3.7	3.6	3.3	3.5	3.4	3.4	3.4	3.6	2.8	3.6	3.6	3.6
52	4.2	3.3	3.1	3.1	3.0	3.0	3.1	3.0	3.2	2.5	3.3	3.1	3.3
54	4.2	3.3	3.2	3.3	3.1	3.2	3.1	3.2	3.3	2.9	3.4	3.2	3.4
56	4.6	3.2	3.3	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.2	3.7	3.4	3.7
58	4.9	3.8	3.8	3.8	3.6	3.7	3.7	3.7	3.8	3.2	4.0	3.6	3.9
60	5.2	4.0	3.9	3.9	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	3.6	4.1	3.8	4.1

Fuente: Elaboración propia

Para una cantidad de carga del 50%, el tiempo de estabilización fue de 21h y 30min.

Tabla 3

MEDIA CARGA		Termopares											
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10	K-11	K-12
Termopar: K		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deriva Max		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	4.0	3.7	3.7	5.6	4.2	4.1	4.1	4.1	4.5	4.7	4.5	4.4	4.4
02	4.5	4.0	3.9	4.5	4.3	4.4	4.3	4.3	4.0	4.7	4.5	4.2	4.5
04	4.9	4.3	4.3	4.8	4.3	4.5	4.3	4.3	4.4	4.5	4.5	4.4	4.5
06	5.1	4.4	4.5	5.1	4.5	4.5	4.5	4.5	4.7	4.7	4.5	4.7	4.6
08	5.3	4.5	4.5	5.3	4.6	4.6	4.5	4.5	4.6	4.4	4.5	4.6	4.6
10	5.6	4.6	4.6	4.4	4.7	4.6	4.6	4.6	4.8	4.6	4.5	4.7	4.6
12	5.8	4.5	4.5	4.3	4.5	4.6	4.5	4.6	4.8	4.3	4.5	4.7	4.5
14	5.3	3.6	3.7	3.4	4.2	4.0	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.0
16	4.8	3.3	3.2	3.6	3.6	3.8	3.6	3.6	3.5	3.3	3.9	3.7	4.0
18	4.5	2.9	2.8	2.9	3.3	3.5	3.3	3.3	3.1	3.2	3.7	3.2	3.7
20	4.1	2.8	2.7	2.8	3.3	3.5	3.2	3.2	3.0	2.4	3.5	3.4	3.6
22	3.8	2.8	2.3	2.4	3.3	3.1	3.0	2.9	3.6	2.6	3.3	3.5	3.3
24	3.4	2.2	2.3	2.4	3.0	3.0	3.0	2.8	3.6	2.6	3.2	3.3	3.3
26	3.8	2.6	2.7	2.7	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.4	3.2	3.3
28	4.4	3.1	3.2	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.2
30	4.7	3.5	3.5	4.0	3.7	3.8	3.7	3.7	4.0	3.5	3.8	3.8	3.8
32	5.1	3.9	3.8	4.2	4.0	4.0	3.9	3.9	4.0	3.5	4.1	4.0	4.1
34	5.4	4.0	4.0	4.2	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	3.6	4.0	4.1	4.0
36	5.5	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.3	4.2	4.1	4.2	4.1
38	5.7	4.1	4.1	3.7	4.3	4.2	4.4	4.2	4.4	3.8	4.2	4.3	4.2
40	5.4	3.4	3.4	3.0	3.8	3.8	3.7	3.7	4.1	3.6	3.4	4.6	3.9
42	5.0	2.8	2.8	2.6	3.2	3.4	3.2	3.2	3.1	3.2	3.4	3.2	3.5
44	4.7	3.0	2.8	3.0	3.2	3.3	3.1	3.2	2.8	2.8	3.5	3.2	3.5
46	4.4	2.7	2.7	2.2	3.3	3.3	3.1	3.1	3.7	2.8	3.5	3.5	3.5
48	4.1	2.4	2.4	2.4	2.8	3.2	2.8	2.8	2.5	2.3	3.4	2.6	3.5
50	3.8	2.2	2.3	2.3	3.0	3.1	2.8	2.8	3.5	2.1	3.2	3.2	3.3
52	3.5	2.0	2.0	2.3	2.7	3.0	2.6	2.8	3.3	2.2	3.1	3.0	3.0
54	3.6	2.1	2.4	2.7	2.7	2.9	2.7	2.7	2.5	2.7	3.2	2.7	3.3
56	4.2	3.0	3.0	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.3	3.5	3.1	3.4
58	4.5	3.2	3.2	3.1	3.4	3.5	3.3	3.4	3.3	3.2	3.6	3.5	3.6
60	4.7	3.4	3.3	3.1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.3	3.6	3.5	3.6

Fuente: Elaboración propia

Para una cantidad de carga del 100%, el tiempo de estabilización fue de 20 horas.

Tabla 4

CARGA COMPLETA		Termopares											
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10	K-11	K-12
Termopar: K		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Deriva Max		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	4.4	3.2	2.8	4.1	3.2	3.4	3.3	3.0	3.2	3.8	3.9	2.9	4.0
02	4.6	3.6	3.2	4.1	3.6	3.6	3.4	3.5	3.6	3.4	4.0	3.3	3.9
04	5.0	3.7	3.6	4.0	3.6	3.8	3.6	3.8	3.8	3.9	4.1	3.6	4.0
06	5.2	3.8	3.5	4.2	3.7	3.8	3.7	3.9	4.0	4.0	4.1	3.6	4.0
08	5.4	4.0	3.7	4.1	3.8	3.8	3.7	3.9	4.0	4.0	4.2	3.7	4.0
10	5.6	4.0	4.0	4.3	4.1	4.0	4.0	4.1	4.2	4.0	4.4	4.0	4.3
12	5.6	3.9	3.6	3.5	4.0	3.9	3.8	4.0	4.0	3.7	4.2	3.7	4.2
14	5.3	3.6	3.1	3.0	3.6	3.5	3.2	3.6	3.7	3.8	4.0	3.1	3.9
16	5.0	3.2	2.7	2.5	3.2	3.2	3.0	3.2	3.6	3.5	3.9	2.8	3.9
18	4.5	2.9	2.2	2.2	2.9	3.1	2.6	3.0	3.3	3.1	3.6	2.4	3.6
20	4.1	2.4	2.1	2.0	2.8	2.5	2.2	2.6	2.8	2.6	3.5	2.1	3.5
22	3.6	2.3	1.8	2.3	2.7	2.6	2.5	2.3	2.5	2.3	3.2	1.8	3.1
24	3.6	2.6	2.1	3.0	2.6	2.6	2.3	2.7	2.9	3.0	3.4	2.2	3.2
26	4.4	3.3	3.0	3.5	3.3	3.3	3.0	3.3	3.4	3.5	3.7	3.0	3.6
28	4.8	3.5	3.4	3.4	3.5	3.5	3.3	3.6	3.5	3.3	3.8	3.3	3.6
30	5.1	3.7	3.6	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	4.0	4.1	3.6	3.8
32	5.5	4.1	3.9	4.1	4.0	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	3.9	4.1
34	5.7	4.1	4.1	3.3	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	3.9	4.3	4.1	4.3
36	5.4	2.9	3.2	3.1	2.7	3.7	3.4	3.2	3.6	3.7	4.0	3.3	3.8
38	5.1	3.2	2.7	2.7	3.2	3.3	3.1	3.3	3.5	3.2	3.9	2.9	3.8
40	4.8	3.0	2.3	2.5	3.0	2.8	2.6	3.0	3.1	3.0	3.6	2.4	3.6
42	4.4	2.6	2.1	2.2	2.6	2.5	2.3	2.6	2.8	2.7	3.3	2.1	3.3
44	4.1	2.1	1.9	2.0	1.8	3.3	2.1	2.3	3.5	2.3	3.5	1.9	3.5
46	3.4	1.9	1.8	2.3	1.5	2.7	2.0	2.2	2.8	2.3	3.0	1.8	3.1
48	4.3	3.0	2.7	2.8	3.0	2.9	2.8	3.0	3.3	3.1	3.6	2.7	3.5
50	4.5	3.5	3.3	3.1	3.5	3.5	3.3	3.7	3.8	3.9	4.0	3.3	3.9
52	5.3	4.0	3.6	3.7	3.8	3.6	3.6	3.9	3.8	3.9	3.9	3.6	3.9
54	5.4	3.9	3.8	3.8	3.9	3.9	3.8	3.9	4.0	4.1	4.0	3.8	4.0
56	5.6	4.0	3.9	3.7	4.0	4.0	3.9	4.0	4.1	4.1	4.3	4.0	4.2
58	5.3	3.3	2.8	2.7	3.2	3.3	3.2	3.4	3.7	3.3	3.9	2.9	3.8
60	4.6	3.3	2.7	2.6	3.1	3.1	3.3	3.7	3.8	3.0	3.7	3.1	3.8

Fuente: Elaboración propia

6.2 Del certificado de calibración del patrón de trabajo:

Tabla 5

Valor de referencia (°C)	ERROR DE INDICACIÓN POR TERMOPAR (°C)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-30	0,11	-0,13	0,02	-0,13	-0,02	-0,05	-0,15	-0,09	0,15	-0,05	0,10	-0,07
-20	-0,12	-0,05	0,07	0,09	-0,11	0,15	-0,07	0,11	-0,06	0,01	-0,09	0,15
-10	-0,15	0,05	-0,01	-0,12	0,04	0,12	0,14	0,08	-0,01	-0,12	-0,12	-0,07
-5	0,01	0,08	0,07	-0,13	-0,06	-0,01	-0,04	0,09	0,11	-0,12	0,12	-0,07
0	-0,09	0,03	0,15	-0,02	-0,12	-0,12	0,05	0,14	0,09	0,08	-0,13	0,05
5	0,16	0,10	-0,13	0,09	-0,02	0,15	-0,14	0,08	-0,05	-0,08	-0,09	-0,09
10	0,17	0,01	0,10	0,08	-0,12	0,02	-0,08	-0,08	0,11	-0,10	-0,13	0,14
15	-0,10	-0,13	-0,06	-0,12	0,12	-0,13	0,11	0,05	-0,12	-0,13	0,10	0,08
20	0,07	-0,04	-0,08	-0,09	0,07	-0,07	-0,07	0,03	-0,01	0,07	0,08	-0,04
25	-0,01	-0,02	0,09	-0,11	0,05	-0,11	-0,08	-0,09	0,14	0,04	0,02	0,04
30	0,08	0,05	0,15	0,11	-0,12	-0,01	0,05	0,07	-0,15	-0,12	-0,09	0,11
35	-0,04	0,11	0,13	0,12	0,08	0,08	0,08	0,02	-0,04	0,09	-0,08	0,13
40	-0,15	0,14	-0,10	0,05	-0,08	0,12	-0,13	0,03	0,07	-0,08	0,01	0,15
45	-0,02	0,14	-0,01	0,15	-0,14	0,03	-0,03	0,04	-0,09	0,06	-0,08	-0,10
50	0,05	-0,12	-0,03	0,05	0,14	-0,03	0,08	-0,03	-0,02	0,03	0,04	0,06
55	0,04	-0,15	0,11	-0,06	0,04	-0,03	0,07	-0,07	0,11	-0,10	0,05	0,10
60	-0,06	0,01	0,05	-0,03	0,09	-0,10	-0,14	0,09	0,08	-0,14	0,05	0,15
65	0,05	-0,15	0,06	-0,15	0,15	0,05	0,04	0,03	-0,05	0,05	-0,03	0,11
70	-0,07	0,17	-0,06	0,20	-0,11	0,21	0,17	-0,21	0,16	0,13	0,02	-0,08
75	0,03	-0,16	-0,02	-0,15	0,01	0,05	-0,02	-0,14	-0,05	-0,07	-0,08	-0,15
80	0,09	-0,17	-0,07	-0,11	0,16	0,09	-0,06	0,07	-0,10	-0,21	-0,21	-0,20
85	0,03	-0,11	0,06	0,16	0,19	0,20	0,10	-0,08	0,02	0,09	0,11	0,16
90	-0,02	-0,21	-0,07	0,01	-0,01	0,12	-0,05	-0,17	-0,17	0,04	-0,05	0,13
95	0,17	-0,05	-0,10	-0,04	-0,11	0,08	-0,07	-0,18	0,03	-0,06	-0,20	0,11
100	0,05	-0,22	0,08	0,04	-0,21	-0,13	0,05	0,07	0,10	0,01	0,09	-0,24
105	-0,10	0,03	-0,22	-0,04	-0,24	-0,14	0,24	-0,24	-0,22	-0,21	-0,22	0,15
110	0,12	0,20	0,05	0,07	-0,05	0,13	0,05	0,17	-0,06	0,05	-0,20	-0,07
115	-0,18	0,26	-0,07	0,09	-0,02	-0,24	-0,04	0,14	-0,03	0,10	0,20	0,07
120	-0,11	-0,15	0,13	0,19	-0,04	-0,01	0,24	0,08	-0,13	0,17	0,08	0,08
125	-0,24	-0,08	-0,25	0,05	0,11	0,26	-0,02	0,21	-0,12	-0,24	0,20	-0,18
130	0,12	-0,29	0,01	0,11	0,22	0,21	0,19	-0,29	-0,13	0,18	-0,20	0,19
135	0,20	-0,12	0,25	0,04	0,27	-0,26	0,18	-0,16	0,20	-0,02	0,19	-0,17
140	-0,24	-0,29	-0,14	0,24	0,25	0,17	0,06	0,11	-0,12	0,11	0,08	-0,02
145	-0,08	-0,02	0,25	0,15	-0,27	-0,26	-0,14	-0,25	-0,29	0,26	-0,02	-0,28
150	-0,02	0,31	0,18	0,23	-0,30	0,20	-0,25	0,31	0,19	-0,25	0,30	0,29

Incertidumbre de la medición: 0,32 °C

Fuente: Certificado de calibración (ver anexos)

6.3 De las correcciones del certificado de calibración por punto de temperatura medido.-

6.3.1 Las correcciones de la Tabla 2.-

Tabla 6

	CORRECCIONES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
02	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
04	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
06	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
08	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
10	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
12	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
14	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
16	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
18	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
20	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
22	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
24	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
26	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
28	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
30	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
32	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
34	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
36	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
38	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
40	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
42	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
44	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
46	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
48	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
50	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
52	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
54	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
56	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
58	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
60	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Las correcciones de la *Tabla 3*

Tabla 7

	CORRECCIONES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
02	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
04	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
06	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
08	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
10	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
12	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
14	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
16	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
18	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
20	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
22	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
24	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
26	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
28	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
30	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
32	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
34	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
36	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
38	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
40	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
42	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
44	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
46	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
48	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
50	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
52	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
54	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
56	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
58	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
60	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Las correcciones del *Tabla 4*

Tabla 8

	CORRECCIONES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
02	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
04	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
06	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
08	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
10	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
12	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
14	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
16	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
18	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
20	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
22	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
24	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
26	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
28	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
30	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
32	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
34	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
36	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
38	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
40	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
42	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
44	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
46	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
48	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
50	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
52	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
54	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
56	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
58	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
60	0.1	0.1	-0.1	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia

6.4 Del procesamiento de datos:

6.4.1 Procesamiento de datos para 0% de carga.- Se tiene la tabla de temperaturas corregidas a continuación:

Tabla 9

	Equipo	TEMPERATURA												SIN CARGA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T.Prom	T.Max-T.Min
00	5.5	4.6	4.3	3.7	4.5	4.7	4.2	4.3	4.3	3.8	4.1	4.3	4.2	4.2	1.0
02	4.6	3.9	3.7	3.5	4.0	4.1	3.6	3.7	3.9	3.4	3.8	3.8	4.0	3.8	0.7
04	4.3	3.8	3.6	3.2	3.7	3.9	3.4	3.5	3.6	3.2	3.6	3.6	3.8	3.6	0.7
06	3.7	3.4	3.1	3.1	3.5	3.8	3.3	3.7	3.5	2.9	3.5	3.2	3.4	3.4	0.9
08	3.6	3.3	3.2	2.1	3.3	3.3	2.9	2.9	3.1	2.4	3.2	3.2	3.2	3.0	1.2
10	3.4	3.1	3.0	3.0	3.3	3.5	3.0	3.3	3.3	2.6	3.4	3.1	3.4	3.2	0.9
12	4.3	3.4	3.4	3.2	3.7	4.0	3.5	3.5	3.6	3.2	3.7	3.4	3.8	3.5	0.8
14	4.7	3.7	3.7	3.5	4.0	4.1	3.6	3.7	3.9	3.2	3.9	3.7	3.9	3.7	0.9
16	5.0	3.8	3.9	3.9	4.3	4.5	4.1	4.2	4.1	3.6	4.2	4.0	4.3	4.1	0.9
18	5.4	4.1	4.1	3.9	4.5	4.7	4.2	4.3	4.3	4.0	4.3	4.3	4.4	4.2	0.8
20	5.6	4.3	4.3	3.7	4.7	4.9	4.4	4.5	4.5	4.2	4.6	4.4	4.6	4.4	1.2
22	5.3	4.2	4.1	3.9	4.3	4.4	3.9	4.0	4.1	3.7	4.2	4.2	4.3	4.1	0.7
24	4.8	3.9	3.6	3.4	3.9	4.1	3.6	3.7	3.7	3.3	3.8	3.7	3.8	3.7	0.8
26	4.6	3.7	3.6	3.2	3.7	3.8	3.3	3.4	3.5	3.0	3.6	3.5	3.7	3.5	0.8
28	4.1	3.3	3.3	2.8	3.5	3.7	3.2	3.2	3.2	2.6	3.4	3.3	3.5	3.2	1.1
30	3.8	3.3	3.1	2.7	3.2	3.4	2.9	3.0	3.1	2.5	3.3	3.0	3.4	3.1	0.9
32	3.5	2.9	2.8	3.0	3.2	3.2	2.7	2.8	2.8	2.6	3.1	2.8	3.2	2.9	0.7
34	3.7	3.2	3.2	3.1	3.5	3.4	2.9	3.1	3.2	2.8	3.5	3.3	3.5	3.2	0.7
36	4.4	3.5	3.4	3.2	3.7	3.9	3.4	3.5	3.7	2.9	3.7	3.4	3.8	3.5	1.0
38	4.7	3.7	3.6	3.6	4.0	4.1	3.6	3.8	3.8	3.4	3.8	3.7	3.9	3.7	0.7
40	5.1	4.0	3.9	3.9	4.3	4.4	3.9	3.9	4.0	3.8	4.1	4.0	4.2	4.0	0.6
42	5.4	4.3	4.2	4.2	4.6	4.7	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.3	4.5	4.4	0.5
44	5.6	4.4	4.4	4.4	4.7	4.9	4.4	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	0.5
46	5.5	4.4	4.3	3.9	4.7	4.7	4.2	4.3	4.3	3.6	4.3	4.4	4.3	4.3	1.1
48	5.1	4.1	3.9	3.5	4.1	4.2	3.7	3.9	3.9	3.4	4.1	3.9	4.2	3.9	0.8
50	4.6	3.8	3.7	3.2	4.0	4.0	3.5	3.6	3.7	2.9	3.7	3.8	3.8	3.6	1.1
52	4.2	3.4	3.2	3.0	3.5	3.6	3.2	3.2	3.3	2.6	3.5	3.3	3.5	3.3	1.0
54	4.2	3.4	3.3	3.2	3.6	3.8	3.2	3.4	3.4	3.0	3.5	3.4	3.6	3.4	0.8
56	4.6	3.3	3.4	3.4	3.9	4.0	3.6	3.7	3.7	3.3	3.8	3.6	3.9	3.6	0.7
58	4.9	3.9	3.9	3.7	4.1	4.3	3.8	3.9	3.9	3.3	4.1	3.8	4.1	3.9	1.0
60	5.2	4.1	4.0	3.8	4.3	4.5	4.1	4.2	4.2	3.7	4.2	4.0	4.3	4.1	0.8
T.PROM	4.6	3.7	3.6	3.4	3.9	4.1	3.6	3.7	3.7	3.3	3.9	3.7	3.9	3.7	
T.MAX	5.6	4.6	4.4	4.4	4.7	4.9	4.4	4.5	4.5	4.4	4.6	4.5	4.6		
T.MIN	3.4	2.9	2.8	2.1	3.2	3.2	2.7	2.8	2.8	2.4	3.1	2.8	3.2		
DTT	2.2	1.7	1.6	2.3	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	2.0	1.6	1.7	1.4		

T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.Prom: Promedio de la temperatura en las doce posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX: Temperatura máxima

T.MIN: Temperatura mínima.

Gráfico de las mediciones

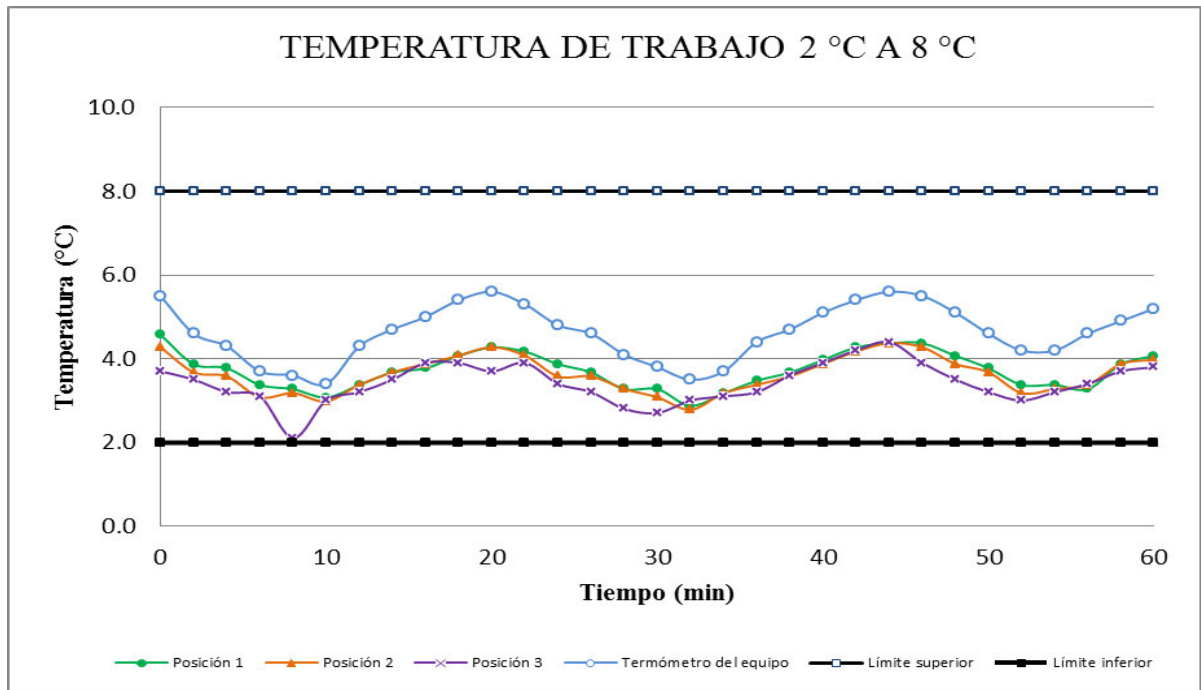


Figura 6. Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un tiempo de 60 minutos, con 0% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

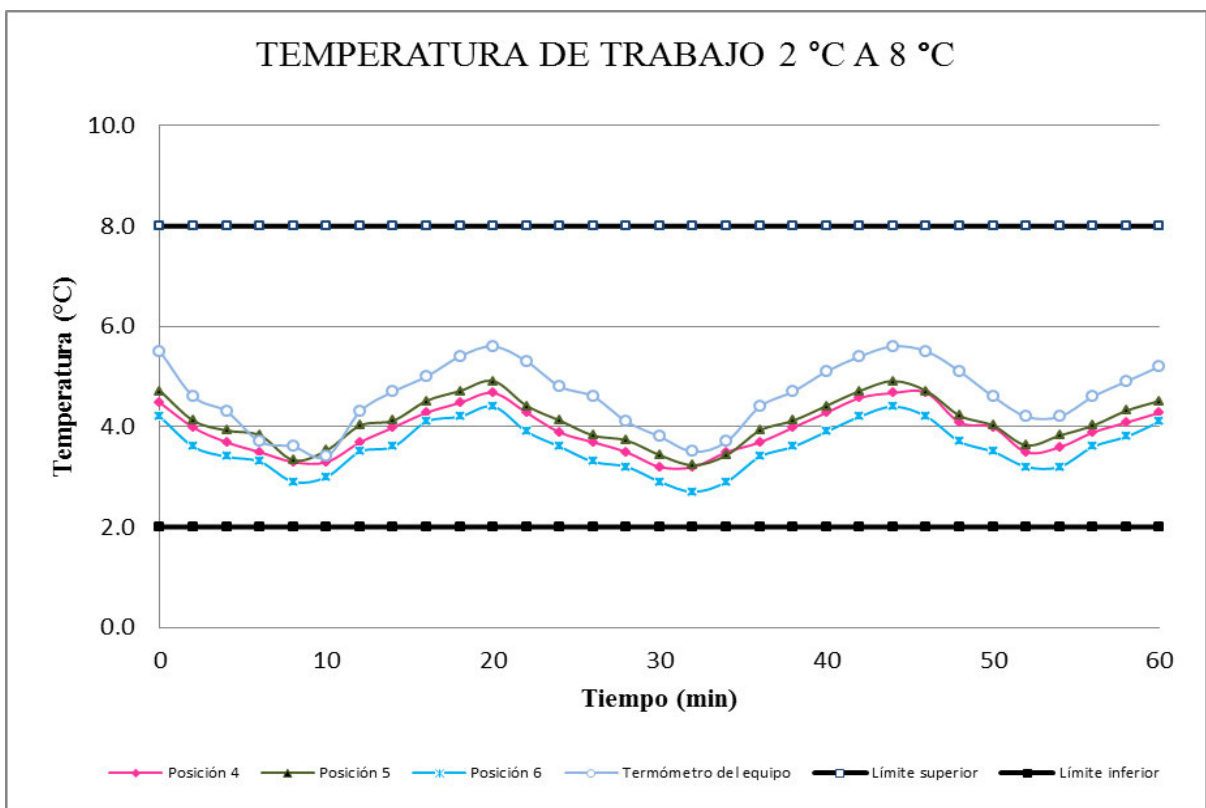


Figura 7. Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un tiempo de 60 minutos, con 0% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

Gráfico de las mediciones

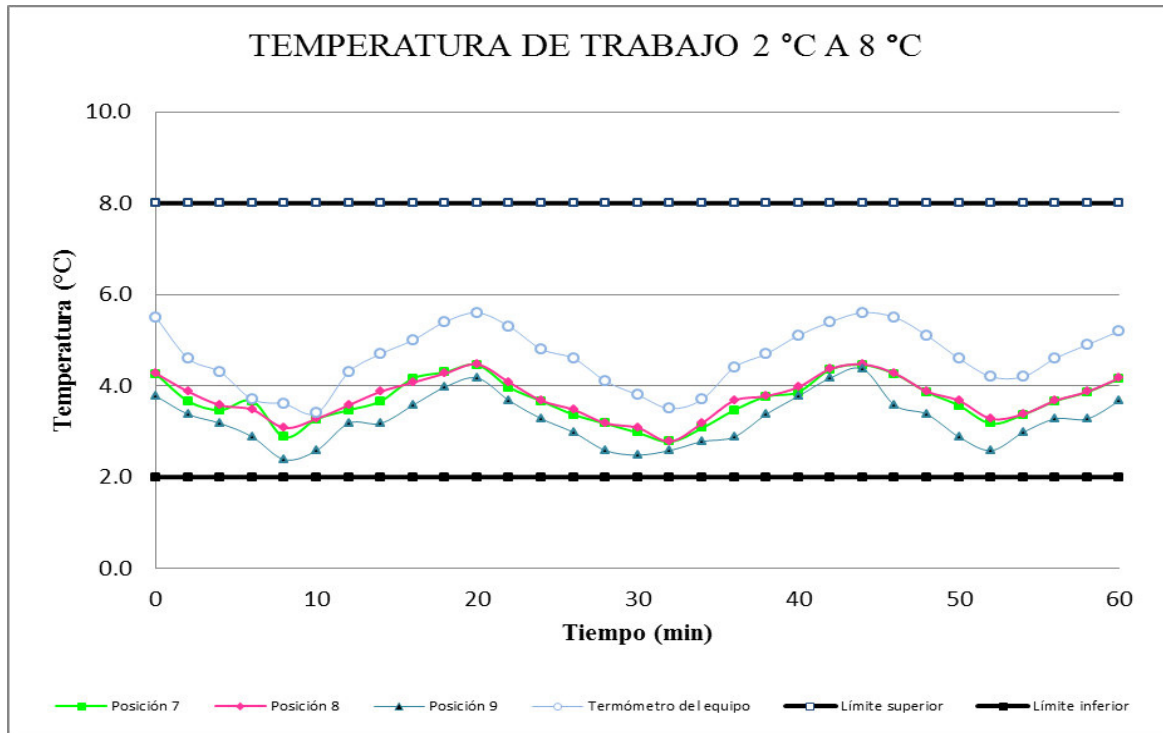


Figura 8. Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un tiempo de 60 minutos, con 0% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

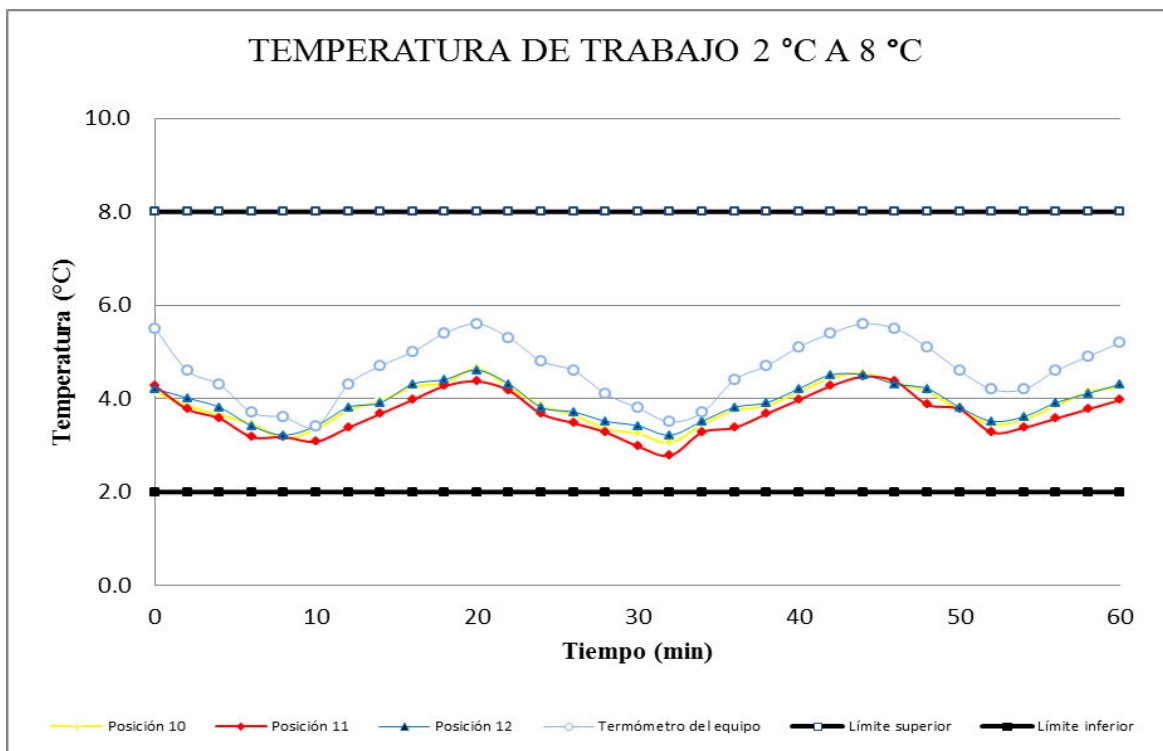


Figura 9. Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un tiempo de 60 minutos, con 0% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Procesamiento de datos para 50% de carga.- Se tiene la tabla de temperaturas corregidas a continuación:

Tabla 10

	Equipo	TEMPERATURA												MEDIA CARGA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T.Prom	T.Max-T.Min
00	4.0	3.8	3.8	5.5	4.7	4.7	4.2	4.3	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6	4.5	1.7
02	4.5	4.1	4.0	4.4	4.8	5.0	4.4	4.5	4.1	4.8	4.6	4.4	4.7	4.5	1.0
04	4.9	4.4	4.4	4.7	4.8	5.1	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	0.7
06	5.1	4.5	4.6	5.0	5.0	5.1	4.6	4.7	4.8	4.8	4.6	4.9	4.8	4.8	0.6
08	5.3	4.6	4.6	5.2	5.1	5.2	4.6	4.7	4.7	4.5	4.6	4.8	4.8	4.8	0.7
10	5.6	4.7	4.7	4.3	5.2	5.2	4.7	4.8	4.9	4.7	4.6	4.9	4.8	4.8	0.9
12	5.8	4.6	4.6	4.2	5.0	5.2	4.6	4.8	4.9	4.4	4.6	4.9	4.7	4.7	1.0
14	5.3	3.7	3.8	3.3	4.7	4.6	3.9	4.1	4.0	4.1	4.2	4.3	4.2	4.1	1.4
16	4.8	3.4	3.3	3.5	4.1	4.4	3.7	3.8	3.6	3.4	4.0	3.9	4.2	3.8	1.1
18	4.5	3.0	2.9	2.8	3.8	4.1	3.4	3.5	3.2	3.3	3.8	3.4	3.9	3.4	1.3
20	4.1	2.9	2.8	2.7	3.8	4.1	3.3	3.4	3.1	2.5	3.6	3.6	3.8	3.3	1.6
22	3.8	2.9	2.4	2.3	3.8	3.7	3.1	3.1	3.7	2.7	3.5	3.7	3.5	3.2	1.5
24	3.4	2.3	2.4	2.3	3.5	3.6	3.1	3.0	3.7	2.7	3.4	3.5	3.5	3.1	1.4
26	3.8	2.7	2.8	2.6	3.7	3.8	3.3	3.4	3.1	3.1	3.5	3.4	3.5	3.2	1.2
28	4.4	3.2	3.3	3.4	3.9	4.0	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.8	3.4	3.6	0.8
30	4.7	3.6	3.6	3.9	4.2	4.4	3.8	3.9	4.1	3.6	3.9	4.0	4.0	3.9	0.8
32	5.1	4.0	3.9	4.1	4.5	4.6	4.0	4.1	4.1	3.6	4.2	4.2	4.3	4.1	1.0
34	5.4	4.1	4.1	4.1	4.6	4.6	4.1	4.2	4.1	3.7	4.1	4.3	4.2	4.2	0.9
36	5.5	4.1	4.1	4.0	4.6	4.7	4.2	4.3	4.4	4.3	4.2	4.4	4.3	4.3	0.7
38	5.7	4.2	4.2	3.6	4.8	4.8	4.5	4.4	4.5	3.9	4.3	4.5	4.4	4.3	1.2
40	5.4	3.5	3.5	2.9	4.3	4.4	3.8	3.9	4.2	3.7	3.5	4.8	4.1	3.9	1.9
42	5.0	2.9	2.9	2.5	3.7	4.0	3.3	3.4	3.2	3.3	3.5	3.4	3.7	3.3	1.5
44	4.7	3.1	2.9	2.9	3.7	3.9	3.2	3.4	2.9	2.9	3.6	3.4	3.7	3.3	1.0
46	4.4	2.8	2.8	2.1	3.8	3.9	3.2	3.3	3.8	2.9	3.6	3.7	3.7	3.3	1.8
48	4.1	2.5	2.5	2.3	3.3	3.8	2.9	3.0	2.6	2.4	3.5	2.8	3.7	2.9	1.5
50	3.8	2.3	2.4	2.2	3.5	3.7	2.9	3.0	3.6	2.2	3.4	3.4	3.5	3.0	1.5
52	3.5	2.1	2.1	2.2	3.2	3.6	2.7	3.0	3.4	2.3	3.3	3.2	3.2	2.8	1.5
54	3.6	2.2	2.5	2.6	3.2	3.5	2.8	2.9	2.6	2.8	3.4	2.9	3.5	2.9	1.3
56	4.2	3.1	3.1	3.2	3.7	3.8	3.3	3.4	3.2	3.4	3.6	3.3	3.6	3.4	0.7
58	4.5	3.3	3.3	3.0	3.9	4.1	3.4	3.6	3.4	3.3	3.7	3.7	3.8	3.5	1.1
60	4.7	3.5	3.4	3.0	4.0	4.1	3.6	3.7	3.5	3.4	3.7	3.7	3.8	3.6	1.1
T.PROM	4.6	3.4	3.4	3.4	4.1	4.3	3.7	3.8	3.8	3.5	3.9	3.9	4.0	3.8	
T.MAX	5.8	4.7	4.7	5.5	5.2	5.2	4.7	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8		
T.MIN	3.4	2.1	2.1	2.1	3.2	3.5	2.7	2.9	2.6	2.2	3.3	2.8	3.2		
DTT	2.4	2.6	2.6	3.4	2.0	1.7	2.0	1.9	2.3	2.6	1.4	2.1	1.6		

T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.Prom: Promedio de la temperatura en las doce posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX: Temperatura máxima

T.MIN: Temperatura mínima.

Gráfico de las mediciones

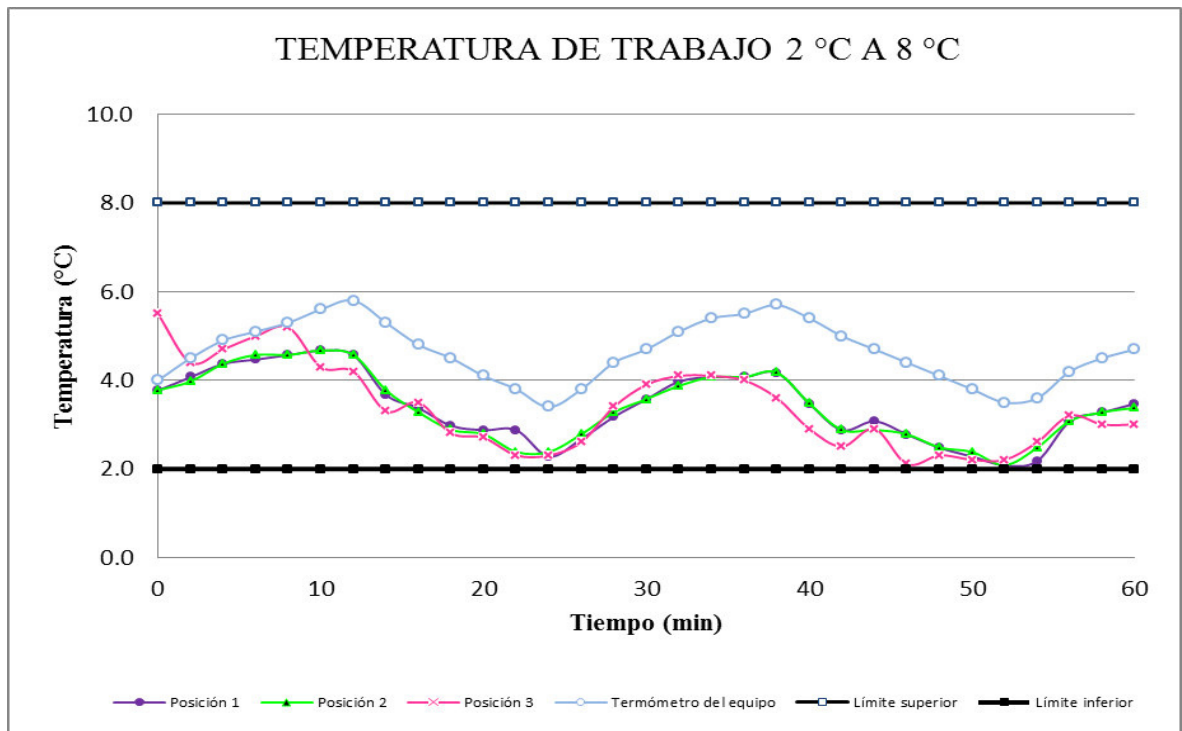


Figura 10. Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un tiempo de 60 minutos, con 50% de carga del volumen interno.

Fuente: Elaboración propia

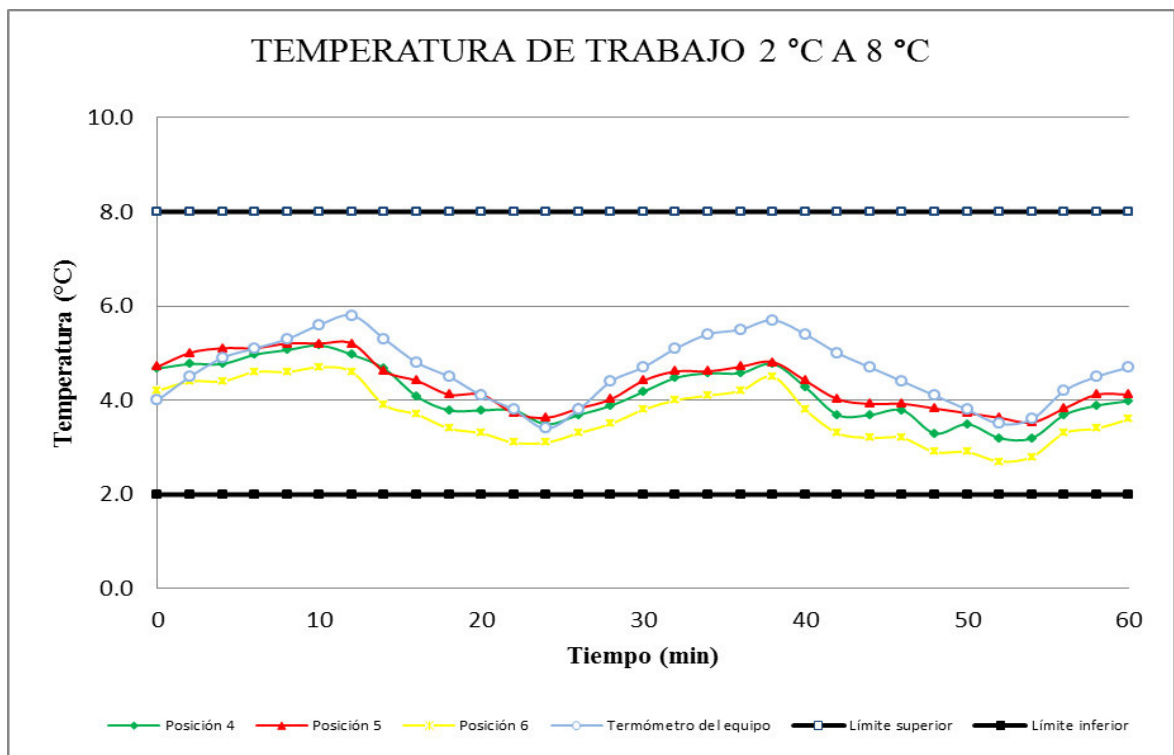


Figura 11. Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un tiempo de 60 minutos, con 50% de carga del volumen interno.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico de las mediciones

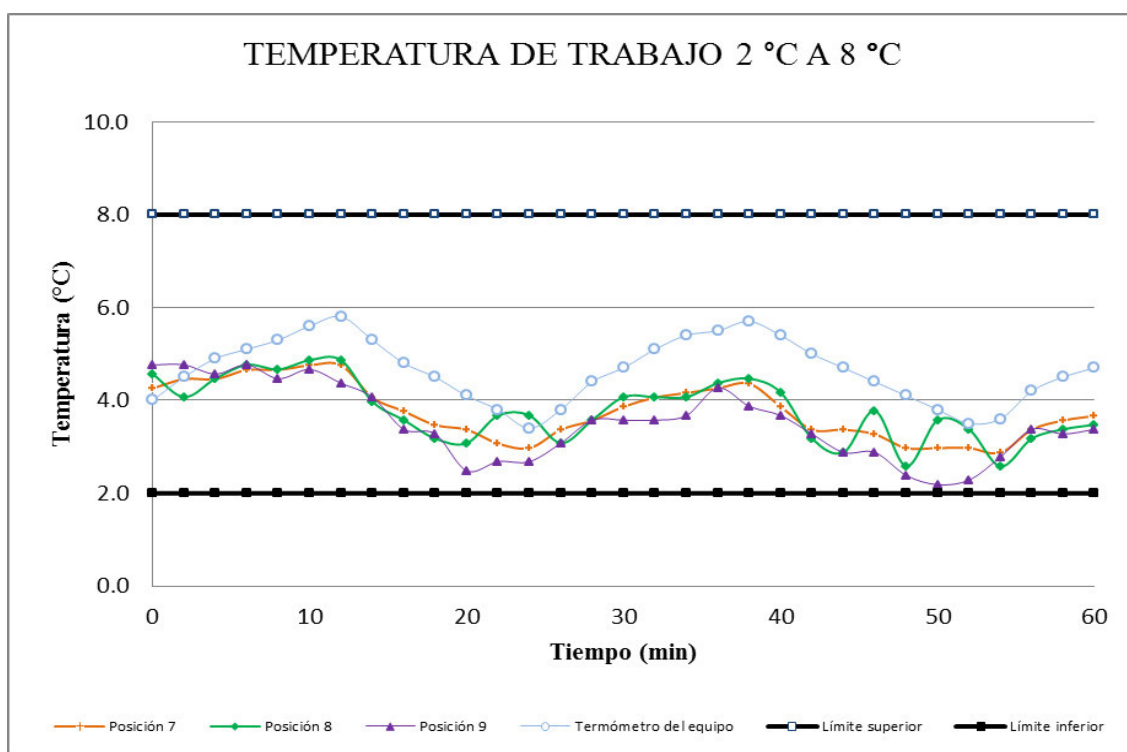


Figura 12. Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un tiempo de 60 minutos, con 50% de carga del volumen interno.

Fuente: Elaboración propia

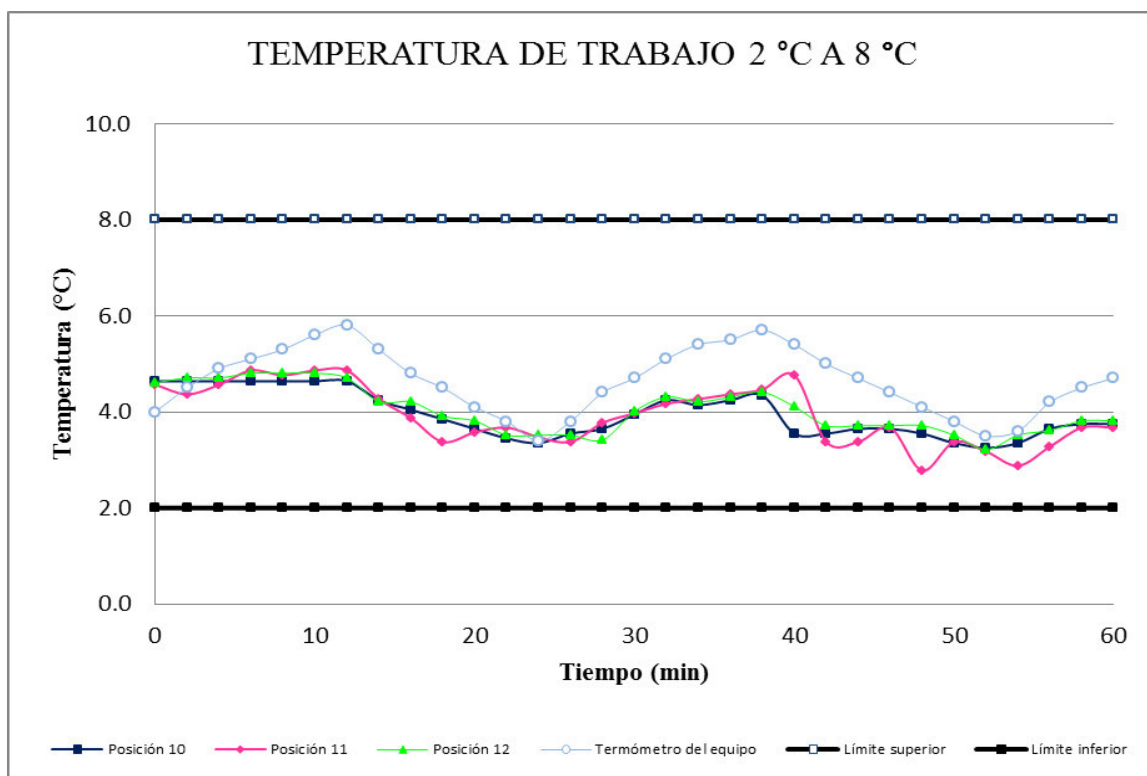


Figura 13. Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un tiempo de 60 minutos, con 50% de carga del volumen interno.

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Procesamiento de datos para 100% de carga.- Se tiene la tabla de temperaturas corregidas a continuación:

Tabla 11

	Equipo	TEMPERATURA												CARGA COMPLETA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T.Prom	T.Max-T.Min
00	4.4	3.3	2.9	4.0	3.7	4.0	3.4	3.2	3.3	3.9	4.0	3.1	4.2	3.6	1.3
02	4.6	3.7	3.3	4.0	4.1	4.2	3.5	3.7	3.7	3.5	4.1	3.5	4.1	3.8	0.9
04	5.0	3.8	3.7	3.9	4.1	4.4	3.7	4.0	3.9	4.0	4.2	3.8	4.2	4.0	0.7
06	5.2	3.9	3.6	4.1	4.2	4.4	3.8	4.1	4.1	4.1	4.2	3.8	4.2	4.0	0.8
08	5.4	4.1	3.8	4.0	4.3	4.4	3.8	4.1	4.1	4.1	4.3	3.9	4.2	4.1	0.6
10	5.6	4.1	4.1	4.2	4.6	4.6	4.1	4.3	4.3	4.1	4.5	4.2	4.5	4.3	0.5
12	5.6	4.0	3.7	3.4	4.5	4.5	3.9	4.2	4.1	3.8	4.3	3.9	4.4	4.0	1.1
14	5.3	3.7	3.2	2.9	4.1	4.1	3.3	3.8	3.8	3.9	4.1	3.3	4.1	3.7	1.2
16	5.0	3.3	2.8	2.4	3.7	3.8	3.1	3.4	3.7	3.6	4.0	3.0	4.1	3.4	1.7
18	4.5	3.0	2.3	2.1	3.4	3.7	2.7	3.2	3.4	3.2	3.7	2.6	3.8	3.1	1.7
20	4.1	2.5	2.2	1.9	3.3	3.1	2.3	2.8	2.9	2.7	3.6	2.3	3.7	2.8	1.8
22	3.6	2.4	1.9	2.2	3.2	3.2	2.6	2.5	2.6	2.4	3.4	2.0	3.3	2.6	1.5
24	3.6	2.7	2.2	2.9	3.1	3.2	2.4	2.9	3.0	3.1	3.5	2.4	3.4	2.9	1.4
26	4.4	3.4	3.1	3.4	3.8	3.9	3.1	3.5	3.5	3.6	3.8	3.2	3.8	3.5	0.8
28	4.8	3.6	3.5	3.3	4.0	4.1	3.4	3.8	3.6	3.4	3.9	3.5	3.8	3.7	0.8
30	5.1	3.8	3.7	3.7	4.2	4.3	3.7	3.8	3.8	4.1	4.2	3.8	4.0	3.9	0.6
32	5.5	4.2	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.2	4.2	4.3	4.3	4.1	4.3	4.2	0.5
34	5.7	4.2	4.2	3.2	4.6	4.7	4.2	4.4	4.4	4.0	4.4	4.3	4.5	4.2	1.5
36	5.4	3.0	3.3	3.0	3.2	4.3	3.5	3.4	3.7	3.8	4.1	3.5	4.0	3.6	1.3
38	5.1	3.3	2.8	2.6	3.7	3.9	3.2	3.5	3.6	3.3	4.0	3.1	4.0	3.4	1.4
40	4.8	3.1	2.4	2.4	3.5	3.4	2.7	3.2	3.2	3.1	3.7	2.6	3.8	3.1	1.4
42	4.4	2.7	2.2	2.1	3.1	3.1	2.4	2.8	2.9	2.8	3.5	2.3	3.5	2.8	1.4
44	4.1	2.2	2.0	1.9	2.3	3.9	2.2	2.5	3.6	2.4	3.6	2.1	3.7	2.7	2.0
46	3.4	2.0	1.9	2.2	2.0	3.3	2.1	2.4	2.9	2.4	3.2	2.0	3.3	2.5	1.4
48	4.3	3.1	2.8	2.7	3.5	3.5	2.9	3.2	3.4	3.2	3.7	2.9	3.7	3.2	1.0
50	4.5	3.6	3.4	3.0	4.0	4.1	3.4	3.9	3.9	4.0	4.1	3.5	4.1	3.7	1.1
52	5.3	4.1	3.7	3.6	4.3	4.2	3.7	4.1	3.9	4.0	4.0	3.8	4.1	3.9	0.7
54	5.4	4.0	3.9	3.7	4.4	4.5	3.9	4.1	4.1	4.2	4.1	4.0	4.2	4.1	0.8
56	5.6	4.1	4.0	3.6	4.5	4.6	4.0	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	4.4	4.2	1.0
58	5.3	3.4	2.9	2.6	3.7	3.9	3.3	3.6	3.8	3.4	4.0	3.1	4.0	3.5	1.4
60	4.6	3.4	2.8	2.5	3.6	3.7	3.4	3.9	3.9	3.1	3.8	3.3	4.0	3.4	1.5
T.PROM	4.8	3.4	3.1	3.1	3.8	4.0	3.3	3.5	3.6	3.5	4.0	3.2	4.0	3.5	
T.MAX	5.7	4.2	4.2	4.2	4.6	4.7	4.2	4.4	4.4	4.3	4.5	4.3	4.5		
T.MIN	3.4	2.0	1.9	1.9	2.0	3.1	2.1	2.4	2.6	2.4	3.2	2.0	3.3		
DTT	2.3	2.2	2.3	2.3	2.6	1.6	2.1	2.0	1.8	1.9	1.4	2.3	1.2		

T.PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T.Prom: Promedio de la temperatura en las doce posiciones de medición para un instante dado.

T.MAX: Temperatura máxima

T.MIN: Temperatura mínima.

Gráfico de las mediciones

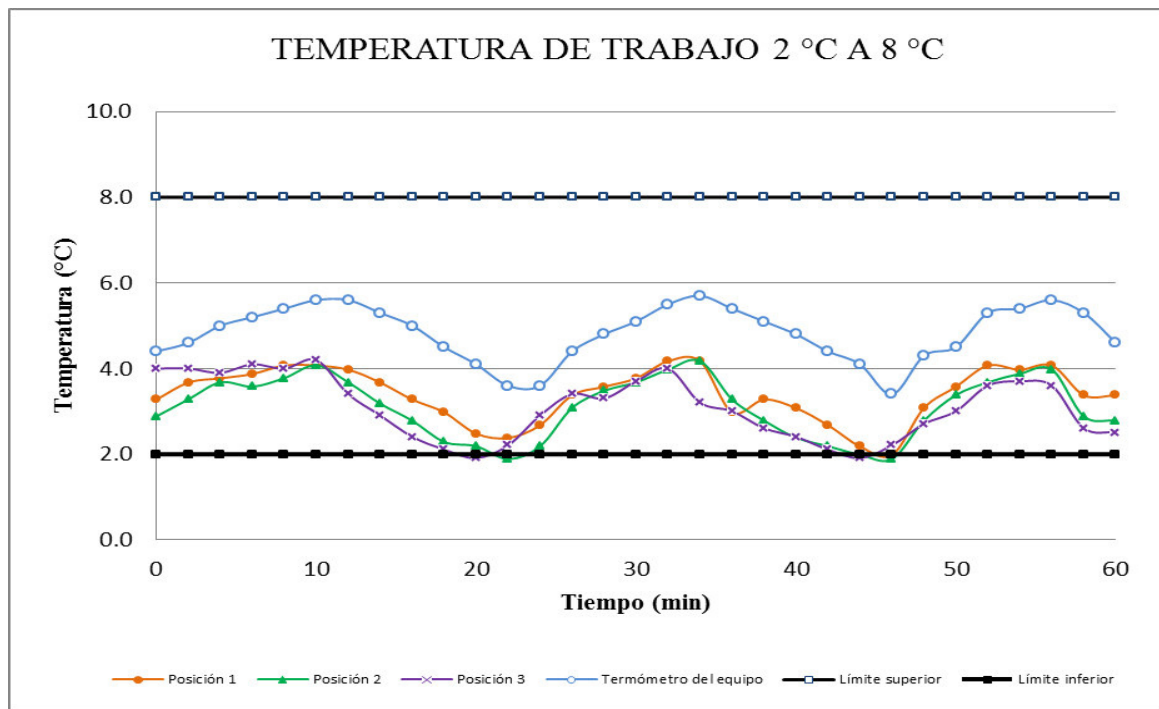


Figura 14. Distribución de temperatura de las posiciones 1,2 y 3 en un tiempo de 60 minutos, con 100% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

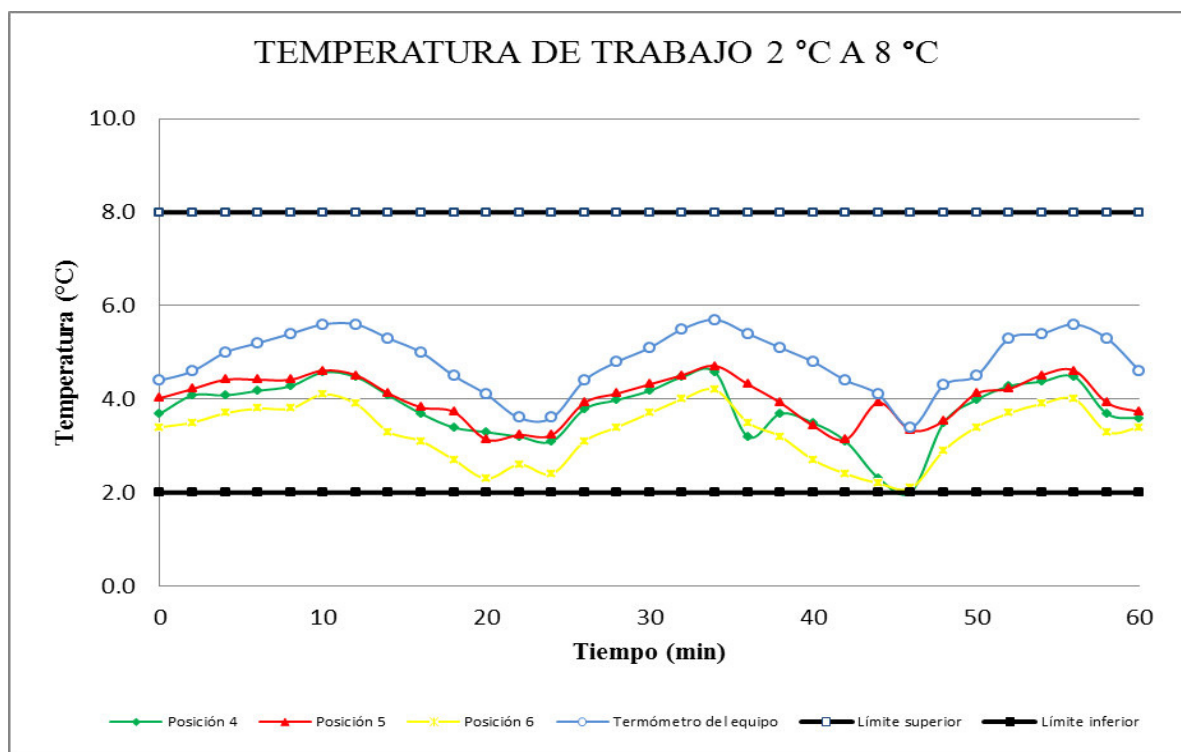


Figura 15. Distribución de temperatura de las posiciones 4,5 y 6 en un tiempo de 60 minutos, con 100% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

Gráfico de las mediciones

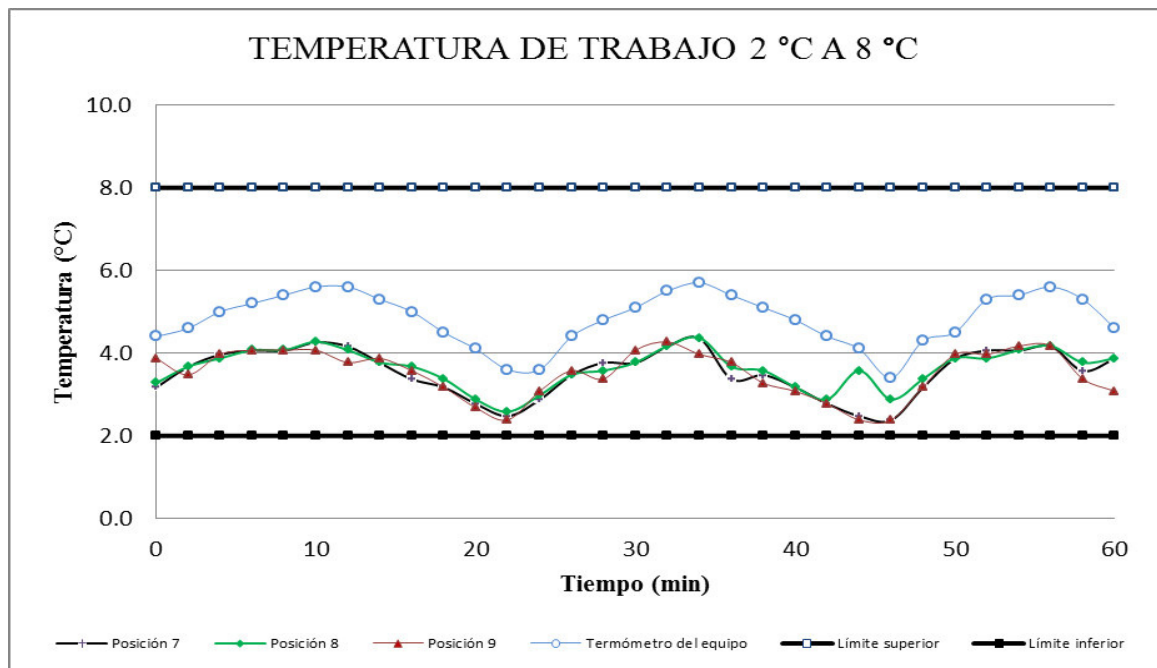


Figura 16. Distribución de temperatura de las posiciones 7,8 y 9 en un tiempo de 60 minutos, con 100% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

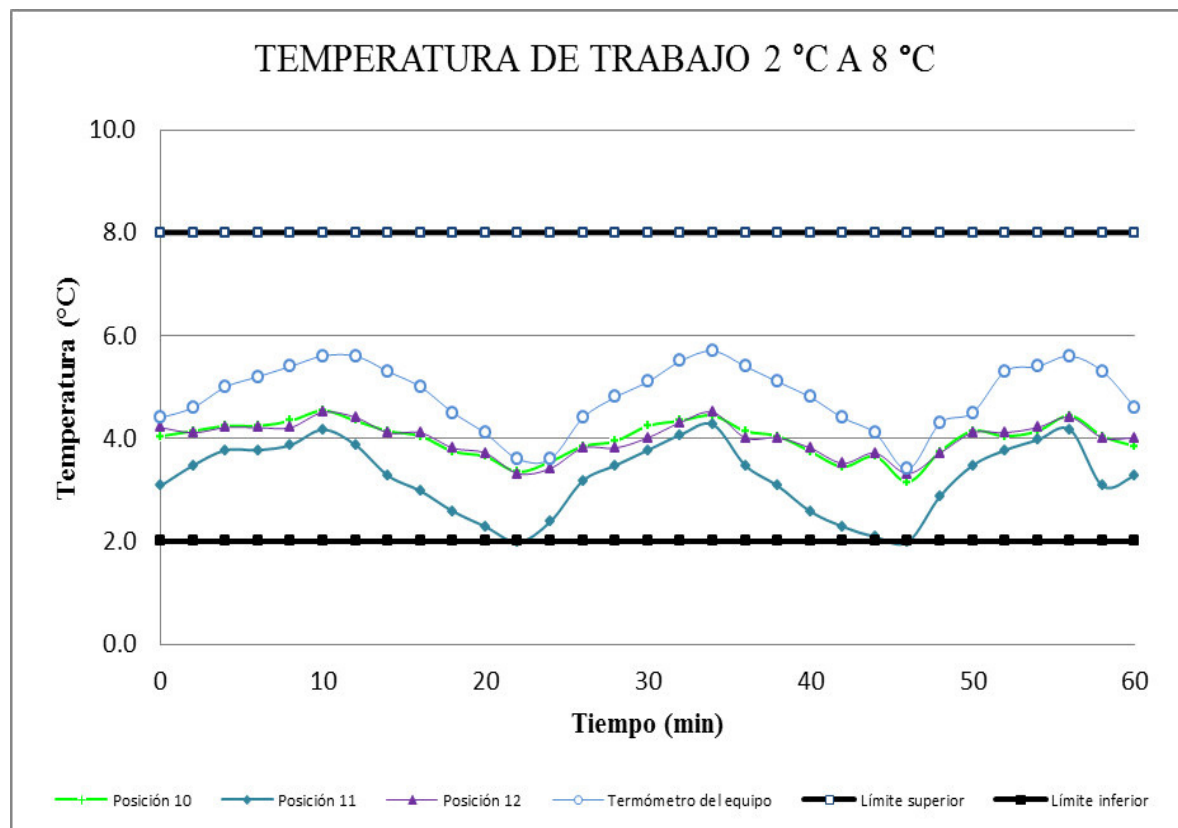


Figura 17. Distribución de temperatura de las posiciones 10,11 y 12 en un tiempo de 60 minutos, con 100% de carga del volumen interno.
Fuente: Elaboración propia

6.5 Cálculo de la incertidumbre.-

6.5.1 Para la carga 0%

Tabla 12

MAX	1	4.6	4.4	4.4	4.7	4.9	4.4	4.5	4.5	4.4	4.6	4.5	4.6	
	2	4.4	4.3	4.2	4.7	4.9	4.4	4.5	4.5	4.2	4.5	4.4	4.5	
	3	4.4	4.3	3.9	4.7	4.7	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.4	4.5	
	4	4.3	4.3	3.9	4.6	4.7	4.2	4.3	4.3	4.0	4.3	4.3	4.4	
s		0.125	0.050	0.244	0.049	0.114	0.115	0.078	0.095	0.162	0.128	0.081	0.081	
$u_i = s / \text{raiz}(m)$		0.063	0.025	0.122	0.025	0.057	0.058	0.039	0.048	0.081	0.064	0.041	0.041	
u_c		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	
$u_d = d / (q * \text{raiz}(3))$		0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	
u_D		0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	
u_I		0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	
U_{TBB}		false	false	false	false	0.263	false	false	false	false	false	false	false	0.263
U_{TEE}		false	false	0.284	false	false	false	false	false	false	false	false	false	0.284

Máx(m)= Máximos de temperatura detectados con el sensor.

s= desviación estándar de los máximos detectados.

u_i = Incertidumbre de la indicación.

u_c = Incertidumbre del Certificado de Calibración.

u_d = Incertidumbre asociada a la apreciación de la resolución d.

q= Si el sistema tiene indicación digital entonces q=2.

u_D = Incertidumbre asociada a la deriva del sensor.

Tabla 13

B	4.1	u_i	falso	falso	falso	falso	0.0845	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0845
		u_D	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
E	3.3	u_i	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0959	falso	falso	falso	0.0959
		u_D	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.02887	falso	falso	falso	0.0289
BB	4.9	u_i	falso	falso	falso	falso	0.05691	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0569
		u_D	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
EE	2.1	u_i	falso	falso	0.1219	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1219
		u_D	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	falso	falso	0.02887	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0289
F	2.3	u_d	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.0289

B= Máximo de los T.PROM

E=Mínimo de los T.PROM

BB=Máximo de los T.MAX

EE=Máximo de los T.MIN

F=Máximo de los DTT

Donde:

$$u_{B-E} = 0.279$$

$$u_{BB-EE} = 0.287$$

$$u_{FF} = 0.041$$

Tabla 14

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	4.9	0.5
Mínima Temperatura Medida	2.1	0.6
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.3	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.9	0.6
Estabilidad medida (\pm)	1.14	0.04
Uniformidad medida	1.2	0.6

Para cada posición de medición su **"desviación de temperatura en el tiempo" DTT** está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registrada en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su **"desviación de temperatura en el espacio"** está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

6.5.2 Para la carga 50%.-

Tabla 15

MAX	1	4.7	4.7	5.5	5.2	5.2	4.7	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8
	2	4.6	4.6	5.2	5.1	5.2	4.6	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8
	3	4.6	4.6	5.0	5.0	5.2	4.6	4.7	4.8	4.8	4.6	4.9	4.8
	4	4.5	4.6	4.7	5.0	5.1	4.6	4.7	4.7	4.7	4.6	4.8	4.7
S		0.081	0.050	0.335	0.094	0.049	0.050	0.057	0.095	0.050	0.000	0.050	0.050
$u_i = s / \text{raiz}(m)$		0.041	0.025	0.168	0.047	0.025	0.025	0.029	0.048	0.025	0.000	0.025	0.025
u_c		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
$u_d = d / (q * \text{raiz}(3))$		0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
u_D		0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195
u_I		0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
U_{TBB}		falso	falso	0.284	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso
U_{TEE}		0.264	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso

Máx(m)= Máximos de temperatura detectados con el sensor.

s= desviación estándar de los máximos detectados.

u_i = Incertidumbre de la indicación.

u_c = Incertidumbre del Certificado de Calibración.

u_d = Incertidumbre asociada a la apreciación de la resolución d.

q= Si el sistema tiene indicación digital entonces q=2.

u_D = Incertidumbre asociada a la deriva del sensor.

Tabla 16

B	4.3	u_i	falso	falso	falso	falso	0.0960	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0960
		u_D	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
E	3.4	u_i	falso	falso	0.1727	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1727
		u_D	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	falso	falso	0.02887	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0289
BB	5.5	u_i	falso	falso	0.16754	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1675
		u_D	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
EE	2.1	u_i	0.0406	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0406
		u_D	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	0.02887	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0289
F	3.4	u_d	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.0289

B= Máximo de los T.PROM

E=Mínimo de los T.PROM

BB=Máximo de los T.MAX

EE=Máximo de los T.MIN

F=Máximo de los DTT

Donde:

$$u_{B-E} = 0.290$$

$$u_{BB-EE} = 0.307$$

$$u_{FF} = 0.041$$

Tabla 17

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	5.5	0.6
Mínima Temperatura Medida	2.1	0.5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3.4	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.9	0.6
Estabilidad medida (\pm)	1.69	0.04
Uniformidad medida	1.9	0.6

Para cada posición de medición su **"desviación de temperatura en el tiempo" DTT** está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registrada en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su **"desviación de temperatura en el espacio"** está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

6.5.3 Para la carga 100%.-

Tabla 18

MAX	1	4.2	4.2	4.2	4.6	4.7	4.2	4.4	4.4	4.3	4.5	4.3	4.5	
	2	4.2	4.1	4.1	4.6	4.6	4.1	4.3	4.3	4.2	4.4	4.2	4.5	
	3	4.1	4.0	4.0	4.5	4.6	4.0	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	4.4	
	4	4.1	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.2	4.2	4.1	4.3	4.1	4.4	
s		0.057	0.095	0.095	0.057	0.080	0.096	0.095	0.095	0.081	0.081	0.081	0.057	
$u_i = s / \text{raiz}(m)$		0.029	0.048	0.048	0.028	0.040	0.048	0.047	0.048	0.041	0.040	0.041	0.029	
u_c		0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	
$u_d = d / (q * \text{raiz}(3))$		0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	
u_D		0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	
u_I		0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	
$U_{T\ BB}$		false	false	false	false	0.263	false	false	false	false	false	false	false	0.263
$U_{T\ EE}$		false	0.258	false	false	false	false	false	false	false	false	false	false	0.258

Máx(m)= Máximos de temperatura detectados con el sensor.

s= desviación estándar de los máximos detectados.

u_i = Incertidumbre de la indicación.

u_c = Incertidumbre del Certificado de Calibración.

u_d = Incertidumbre asociada a la apreciación de la resolución d.

q= Si el sistema tiene indicación digital entonces q=2.

u_D = Incertidumbre asociada a la deriva del sensor.

Tabla 19

B	4.0	u_i	falso	falso	falso	falso	0.0854	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0854
		u_D	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
E	3.1	u_i	falso	falso	0.1311	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1311
		u_D	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	falso	falso	0.02887	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0289
BB	4.7	u_i	falso	falso	falso	falso	0.04024	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0402
		u_D	falso	falso	falso	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
EE	1.9	u_i	falso	0.0476	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0476
		u_D	falso	0.19534	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.1953
		u_d	falso	0.02887	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	0.0289
F	2.6	u_d	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0.0289

B= Máximo de los T.PROM

E=Mínimo de los T.PROM

BB=Máximo de los T.MAX

EE=Máximo de los T.MIN

F=Máximo de los DTT

Donde:

$$u_{B-E} = 0.282$$

$$u_{BB-EE} = 0.279$$

$$u_{FF} = 0.041$$

Tabla 20

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	4.7	0.5
Mínima Temperatura Medida	1.8	0.5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	1.0	0.6
Estabilidad medida (\pm)	1.28	0.04
Uniformidad medida	2.0	0.6

Para cada posición de medición su **"desviación de temperatura en el tiempo" DTT** está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registrada en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su **"desviación de temperatura en el espacio"** está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

7 RESULTADOS Y ANALISIS

7.1 Para el desarrollo de la calibración para un refrigerador, se realizaron los cálculos de incertidumbre y las variables de temperatura como: las desviaciones de temperatura del tiempo y espacio, estabilidad, uniformidad, etc; para tres procesos de carga para un mismo equipo. La cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 21

	0 % de carga		50% de carga		100% de carga	
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	4.9	0.5	5.5	0.6	4.7	0.5
Mínima Temperatura Medida	2.1	0.6	2.1	0.5	1.8	0.5
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	2.3	0.1	3.4	0.1	2.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	0.9	0.6	0.9	0.6	1.0	0.6
Estabilidad medida (±)	1.14	0.04	1.69	0.04	1.28	0.04
Uniformidad medida	1.2	0.6	1.9	0.6	2.0	0.6

Fuente: Elaboración propia

7.2 Según los cálculos se determinó que la incertidumbre para los tres tipos de carga tienden a ser similares, por ejemplo:

Tabla 22

	0 % de carga		50% de carga		100% de carga	
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	4.9	0.5	5.5	0.6	4.7	0.5

Fuente: Elaboración propia

7.3 También se determinaron los cálculos de la carga con la uniformidad, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 23

CARGA (%)	UNIFORMIDAD (°C)
0	1.50
50	2.00
100	2.03

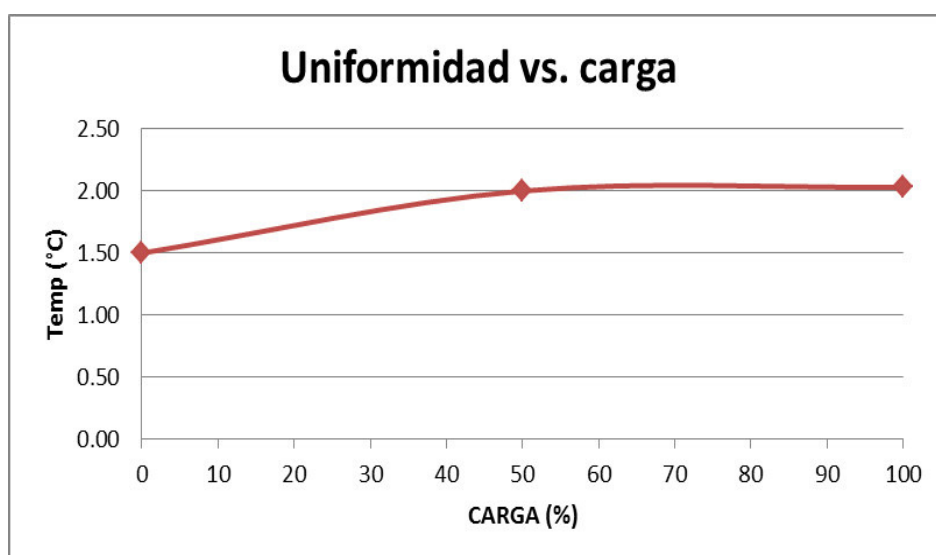


Figura 18

Fuente: Elaboración propia

Observando que existe una tendencia creciente al aumentar la carga, respecto a la uniformidad.

7.4 Finalmente se determinó la variación de la desviación de temperatura en el espacio para los tres tipos de carga, que se muestra a continuación

Tabla 24

CARGA (%)	DTE (°C)
0	1.21
50	1.17
100	1.01

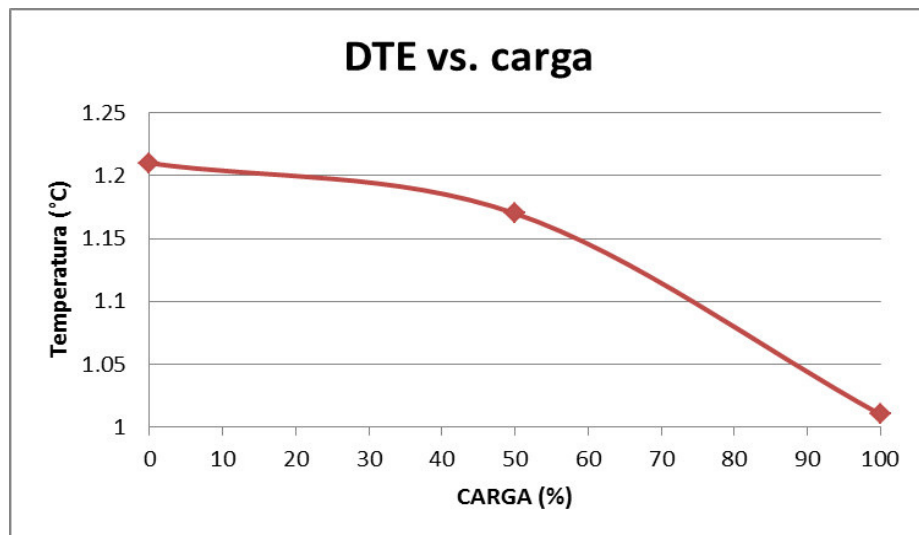


Figura 19

Fuente: Elaboración propia

8 CONCLUSIONES

8.1 En el presente trabajo se puede concluir que la incertidumbre calculada en los tres procesos de carga (0%, 50% y 100%) son similares. El cual no influyen en la desviaciones de temperatura en el proceso de calibración, pero si garantiza la confiabilidad y calidad de los resultados.

8.2 También se demuestra que las variables de temperatura más relevantes según el cuadro de resultados (ver cuadro 20), fueron la uniformidad y la desviación de temperatura espacial (DTE).

A medida que la carga aumenta de 0% a 100%, la uniformidad tiene una desviación mayor (ver figura 18) de 0,53 °C aproximadamente.

Por otro lado la desviación de temperatura espacial tiende a disminuir, al incrementar la carga de 0% a 100% (Ver figura 19). Finalmente concluimos que estas dos variables son determinantes en una calibración de un medio isoterma.

9 ANEXOS

9.1 Certificado de calibración del cronometro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Certificado de Calibración




LTF - C - 023 - 2017

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 5

Expediente	92768	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	ENERGIA Y LABORATORIOS S.A.C.	
Dirección	Los Palmitos 127 Urb. Los Jardines de San Juan - San Juan de Lurigancho	Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).
Instrumento de Medición	CRONOMETRO	
Marca	CASIO	<i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i>
Modelo	HS-80TW	
Procedencia	CHINA	
Alcance de Indicación	9 h 59 min 59,999 s	
Resolución	0,001 s	
Exactitud	0,0012% (*)	
Número de Serie	009Q06R	
Fecha de Calibración	2017-02-01 al 2017-02-03	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Responsable del Área de Electricidad y Termometría	Responsable del laboratorio
 2017-02-03	 EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS	 HENRY DIAZ CHONATE

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima – Perú
Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LTF - C – 023 – 2017

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 5

Método de Calibración

Calibración efectuada por el método de inducción midiendo la frecuencia del cronómetro con un contador de frecuencias

Lugar de Calibración

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia
Calle de La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	23,1 °C ± 1,3 °C
Humedad Relativa	54,2 % ± 8,0 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado
Comandado por el Oscilador de Cesio Symmetricom 5071A el cual pertenece a la redSIM Time Scale Comparisons via GPS Common-View http://gps.nist.gov/scripts/sim_rx_grid.exe	Contador de Frecuencias Agilent 53220A
Patrón de referencia	Oscilador de Cesio Symmetricom 5071A
Desviación fraccional de frecuencia ($\Delta f/f$)	$-3,2 \times 10^{-14}$
Estabilidad en Frecuencia $\sigma_y(t)$	$2,7 \times 10^{-14}$

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL. La calibración se realizó midiendo directamente la frecuencia de la base de tiempo del cronómetro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LTF - C – 023 – 2017

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 3 de 5

Resultados de medición

RESULTADOS OBTENIDOS EN TIEMPO DEL CRONÓMETRO

Indicación ¹			Indicación ²	Tiempo de ensayo ³	Error	Incertidumbre	EMP
h	min	s	τ (s)	t ₀ (s)	E (s)	U (s)	(s)
0	00	01,000	01,000	01,000	0,0000002	0,0000001	0,0000120
0	00	02,000	02,000	02,000	0,0000004	0,0000002	0,0000240
0	00	04,000	04,000	04,000	0,0000009	0,0000004	0,0000480
0	00	08,000	08,000	08,000	0,0000002	0,0000001	0,0000096
0	00	16,000	16,000	16,000	0,0000003	0,0000002	0,0000192
0	00	32,000	32,000	32,000	0,0000007	0,0000003	0,0000384
0	01	04,000	64,000	64,000	0,000014	0,000006	0,000768
0	02	08,000	128,000	128,000	0,00003	0,00001	0,00154
0	04	16,000	256,000	256,000	0,00006	0,00003	0,00307
0	08	32,000	512,000	512,000	0,00011	0,00005	0,00614
0	17	04,000	1024,000	1024,000	0,0002	0,0001	0,0123
0	34	08,000	2048,000	2048,000	0,0004	0,0002	0,0246
1	08	16,001	4096,001	4096,000	0,0009	0,0004	0,0492
2	16	32,002	8192,002	8192,000	0,002	0,001	0,098
4	33	04,004	16384,004	16384,000	0,004	0,002	0,197
9	06	08,007	32768,007	32768,000	0,007	0,003	0,393

¹ Indicación del cronómetro en su display LCD.

² Indicación del cronómetro expresado en segundos.

³ Tiempo de ensayo (referencia) del cronómetro o tiempo convencionalmente verdadero.

El tiempo convencionalmente verdadero t_0 puede obtenerse, dentro del alcance calibrado, a partir de la indicación τ del cronómetro usando la siguiente ecuación:

$$t_0 = (1 - E_r \pm U_r) \times \tau$$

donde:

$E_r = \Delta\tau/\tau_0$ es la llamada desviación fraccional de tiempo o error relativo del cronómetro.

La incertidumbre en la determinación de E_r es U_r y para este cronómetro se ha encontrado que:

$$E_r = 0,22 \mu\text{s/s} \quad U_r = 0,10 \mu\text{s/s}$$

Por ello para este cronómetro:

$$t_0 = (0,99999978 \pm 0,00000010) \times \tau$$

El error E y la incertidumbre expandida U de la calibración pueden encontrarse (en segundos) para cualquier tiempo t_0 , dentro del alcance calibrado, usando las ecuaciones:

$$E = E_r \times t_0 \quad U = U_r \times t_0$$

Por ello para este cronómetro:

$$E = 0,00000022 \times t_0 \quad U = 0,00000010 \times t_0$$

El error relativo máximo permitido E_r de este instrumento declarado por el fabricante es:

$$E_r = 0,0012 \% = 12 \mu\text{s/s} \quad (\text{el fabricante ha usado el término "accuracy" para este parámetro}).$$

El error máximo permitido EMP de este instrumento (declarado por el fabricante) puede calcularse para cualquier tiempo t_0 , dentro del alcance calibrado, usando la ecuación:

$$EMP = E_r \times t_0 = 0,000012 \times t_0$$

Nota 1: Cuando se realicen mediciones con este cronómetro se deberá evaluar la incertidumbre de la medición real considerando, entre otras, como componentes adicionales la incertidumbre de la calibración U , la incertidumbre debida a la resolución del cronómetro $U_d = d/(2\sqrt{3})$ (donde d es la resolución del cronómetro) y la incertidumbre debida al funcionamiento del botón de arranque y parada (start/stop) U_{ss} .

Nota 2: Si la desviación máxima permisible de la medición de tiempo para el usuario (tolerancia cuando se trabaja con el instrumento) es mucho mayor que EMP , el cronómetro cumple con dicho EMP y es correctamente usado, entonces puede ser suficiente usar como tiempo convencionalmente verdadero la misma indicación τ del cronómetro y podría considerarse que la incertidumbre total está dada esencialmente por la combinación de EMP ; U_d y U_{ss} .

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima - Perú
Tel.: (01) 040-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



Certificado de Calibración

LTF - C – 023 – 2017

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 4 de 5

MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DEL CRONÓMETRO

FRECUENCIA (Hz)		$\Delta f/f_0$ ($\mu\text{Hz/Hz}$)
FUNDAMENTAL f_0	MEDIDA f	
32768	32768,007082	0,22

Nota: La frecuencia fundamental del cronómetro es la base de tiempo con la cual funciona el instrumento.

donde: $(f-f_0)/f_0 = \Delta f/f_0 \pm U_f$ Con: $U_f = 2 \times \sigma_y(t)$

Incertidumbre relativa de medición (U_f): 0,10 $\mu\text{Hz/Hz}$

donde:

f : Frecuencia medida del cronómetro.

f_0 : Frecuencia nominal (fundamental) del cronómetro.

$\Delta f/f_0$: Desviación fraccional de frecuencia.

U_f : Incertidumbre relativa de medición en términos de la desviación de Allan.

$\sigma_y(t)$: Desviación de Allan.

Si $\Delta f/f_0$ es positivo, se tiene que la frecuencia medida (f) es mayor a la frecuencial nominal (f_0), por lo cual el cronómetro se adelanta ($\Delta v/v_0 > 0$). Si $\Delta f/f_0$ es negativo, el cronómetro se atrasa ($\Delta v/v_0 < 0$).

Los resultados en tiempo se obtienen de la medición de la frecuencia del cronómetro usando la siguiente relación:

$$\Delta f/f_0 = \Delta v/v_0$$

Nota

(*) Dato tomado de la hoja de especificaciones del cronómetro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LTF - C – 023 – 2017

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 5 de 5

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas ISO 9001 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

LABORATORIO DE TIEMPO Y FRECUENCIA - LTF

Diversos servicios del Laboratorio de Tiempo y Frecuencia cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) en el siguiente link

http://www.bipm.org/exalead_kodib/extra_kodib.jsp?c=+12386644022181527139&C=eJyLz2FzW0IL8tj8HZ2cYp3LChizUwJrHBmiM8vKJmMzYtmMIQZq1MT5IzQAKJBQwGDPE5uSB2AZqsZChILSplM*ILHErzdHMOJgAAAwGRu6&p=AppC

Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



9.2 Certificado de calibración del Termohigrometro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LT - 085 - 2017

Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 4

Expediente	92776	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ENERGIA Y LABORATORIOS S.A.C.	
Dirección	Los Palmitos 127 Urb. Los Jardines de San Juan - San Juan de Lurigancho	
Instrumento de Medición	TERMOHIGROMETRO	
Indicación	DIGITAL	
Intervalo de Indicación	0,00 °C a 50,00 °C ; 10 %hr a 95 %hr (*)	
Resolución	0,01 °C ; 0,01 %hr	
Marca	TRACEABLE	
Modelo	4087	
Procedencia	TAIWAN	
Número de Serie	140309235	
Fecha de Calibración	2017-02-02 al 2017-02-08	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Responsable del Área de Electricidad y Termometría	Responsable del laboratorio
 2017-02-08	 EDWIN FRANCISCO GUILLÉN MESTAS	 BILLY QUISPE CUSIPUMA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 540-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración LT – 085 – 2017

Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 4

Método de Calibración

Calibración por comparación empleando cámaras de humedad y temperatura ambientales con condiciones controladas

Lugar de Calibración

Laboratorio de Higrometría
Calle De La Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	22 °C ± 2 °C
Humedad Relativa	60 % ± 5 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología	Termohigrómetro con incertidumbre de 0,8 %hr a 1,4 %hr	LT-212-2014 Marzo 2014
	Termómetro Digital con incertidumbre de 0,012 °C a 0,024 °C	LT-039-2017 Enero 2017

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL.

(*) Dato tomado de su manual.

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración LT – 085 – 2017

Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 4

Resultados de Medición

PARA EL TERMÓMETRO

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONV. VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (°C)
14,75	14,53	-0,22	0,26
20,70	20,50	-0,20	0,26
25,65	25,48	-0,17	0,26
30,18	30,18	0,00	0,26

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$$

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%hr)	HUMEDAD RELATIVA CONV. VERDADERA (%hr)	CORRECCIÓN (%hr)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (%hr)
11,53	11,99	0,46	1,45
33,55	33,03	-0,52	1,62
41,39	40,00	-1,39	1,71
62,83	59,99	-2,84	2,04
77,83	74,98	-2,85	1,99
94,54	94,98	0,42	2,00

La humedad relativa convencionalmente verdadera (HCV) resulta de la relación:

$$HCV = \text{Indicación del higrómetro} + \text{corrección}$$

Nota 1.- El tiempo mínimo de estabilización fue al menos de 30 minutos.

Nota 2.- La identificación EL-PRT-001 está inscrita en una etiqueta adherida al termohigrómetro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LT – 085 – 2017

Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas ISO Guía 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

9.3 Certificado de calibración del Termometro.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LT - 489 - 2017

Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 4

Expediente	93909	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ENERGIA Y LABORATORIOS S.A.C.	
Dirección	Los Palmitos 127 Urb. Los Jardines de San Juan - San Juan de Lurigancho	
Instrumento de Medición	TERMOMETRO DE INDICACION DIGITAL	
Intervalo de Indicación	-50 °C a 400 °C	
Resolución	0,01 °C ; 0,1 °C (")	
Marca	TRACEABLE	
Modelo	4132	
Procedencia	TAIWAN	
Número de Serie	130121872	
Elemento Sensor	Una termorresistencia de platino de 100 ohm	
Fecha de Calibración	2017-09-12 al 2017-09-14	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología.	Responsable del laboratorio
 2017-09-14	 EDWIN FRANCISCO GUILLEN MESTAS	 BILLY QUISPE CUSIPUMA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8620 Anexo 1501
E-mail: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Temperatura

Certificado de Calibración

LT – 489 – 2017

Página 2 de 4

Método de Calibración

Calibración por comparación siguiendo el procedimiento INDECOPI-SNM PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" (2da Edición Diciembre 2012)

Lugar de Calibración

Laboratorio de Temperatura
Calle De la Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	25 °C ± 2 °C
Humedad Relativa	50 % ± 5 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología	Dos termómetros digitales con incertidumbres del orden desde 0,012 °C hasta 0,025 °C	LT-044-2017 Enero 2017
		LT-045-2017 Enero 2017
	Multímetro Fluke con Incertidumbre del orden 0,00016 mA	LE-899-2016 Agosto 2016
	Resistor Patrón de 100 ohm con incertidumbre del orden de 0,00088 Ω	LE-524-2012 Julio 2012
Patrones primarios del NRC-Canadá	Termómetro de Resistencia de Platino de 100 ohm con Incertidumbre del orden desde 0,01 °C hasta 0,02 °C	THY-2016-44 Mayo 2016
	Termómetro de Resistencia de Platino de 100 ohm con Incertidumbre del orden desde 0,01 °C hasta 0,02 °C	THY-2016-45 Mayo 2016
Patrones primarios del INTI-Argentina	Sistema de Medición DC con Nanovoltímetro; Adaptador PRT con Incertidumbre del orden de 0,31 μV/V	OT N° FM-10215759 Setiembre 2012

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL.
(*) La resolución de pantalla es de 0,01 °C entre -50,00 °C hasta 199,99 °C. Fuera de este alcance la resolución es de 0,1 °C.
Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 040-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL

Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Temperatura

Certificado de Calibración LT – 489 – 2017

Página 3 de 4

Resultados de Medición

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
-35,09	-34,820	0,270	0,026
-15,03	-14,905	0,125	0,026
-0,10	0,000	0,100	0,013
49,95	50,025	0,075	0,030
99,83	99,968	0,138	0,029
149,76	150,038	0,278	0,030
199,51	200,060	0,550	0,033
249,7	250,33	0,63	0,07
398,9	400,52	1,62	0,13

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$

Nota 1.- La profundidad de inmersión del sensor fue de 14 cm aproximadamente.

Nota 2.- Tiempo de estabilización no menor a 10 minutos.

Nota 3.- La inscripciones EL-PRT-02 y MT-2209 están grabadas en etiquetas adheridas al indicador y al sensor de temperatura, respectivamente.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Temperatura

Certificado de Calibración

LT – 489 – 2017

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas ISO 17034 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

9.4 Certificado de calibración de los termopares.

EnerLab
Energía & Laboratorios

METROLOGÍA E INGENIERÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **CLT - 0148 - 2017**

Página : 1 de 2
Fecha de Emisión : 2017-05-19

1.- CLIENTE : ENERGIA Y LABORATORIOS S.A.C. - ENERLAB S.A.C.
Dirección : JR. LOS PALMITOS NRO. 127 URB. LOS JARDINES DE SAN JUAN LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : Indicador de temperatura con 12 termopares
Marca : FLUKE Alcance : -35 °C a 250 °C
Modelo : 725 Resolución : 0,1 °C
N° de serie : 1988282 Tipo de termopares : K
Procedencia : No Indica

3.- DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2017-05-17 al 2017-05-19
Lugar : Laboratorio de Calibraciones de ENERLAB S.A.C.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Comparación directa, tomando como referencia el PC - 017 "Procedimiento para la calibración de termómetros digitales", 1era. Ed. Nov. - 2007, SNM-INDECOP

5.- PATRON DE CALIBRACIÓN

Equipo de referencia	Marca / Modelo	Nro. De certificado	Trazabilidad
Termómetro de indicación digital	TRACEABLE / 4132	LT-547-2016	DM-INACAL
Termohigrómetro digital	TRACEABLE / 4087	LT-085-2017	DM-INACAL

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20,25 °C	20,28 °C
HUMEDAD RELATIVA	65,00 %	65,89 %

7.- OBSERVACIONES

- Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
- La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%.
- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Ing. Máximo Oriundo Cordero
CIP-94415
Gerencia Técnica

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE ENERLAB S.A.C.

Jr. Los Palmitos N° 127-131 Urb. Los Jardines de San Juan - San Juan de Lurigancho - Lima - Lima
Metrología: (511) 376-9578 RPC: 981452217 / 940247374 RPM: #952033733 / #948975146 / #956031703
e-mail: ventas@enerlab.com.pe / ventas01@enerlab.com.pe / calibraciones@enerlab.com.pe
Ingeniería: (511) 393-6673 Entel: 998880984 e-mail: ingenieria@enerlab.com.pe Web: www.enerlab.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CLT - 0148 - 2017

Página : 2 de 2
Fecha de Emisión : 2017-05-19

8.- RESULTADOS

Valor de referencia (°C)	ERROR DE INDICACIÓN POR TERMOPAR (°C)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-30	0,11	-0,13	0,02	-0,13	-0,02	-0,05	-0,15	-0,09	0,15	-0,05	0,10	-0,07
-20	-0,12	-0,05	0,07	0,09	-0,11	0,15	-0,07	0,11	-0,06	0,01	-0,09	0,15
-10	-0,15	0,05	-0,01	-0,12	0,04	0,12	0,14	0,08	-0,01	-0,12	-0,12	-0,07
-5	0,01	0,08	0,07	-0,13	-0,06	-0,01	-0,04	0,09	0,11	-0,12	0,12	-0,07
0	-0,09	0,03	0,15	-0,02	-0,12	-0,12	0,05	0,14	0,09	0,08	-0,13	0,05
5	0,16	0,10	-0,13	0,09	-0,02	0,15	-0,14	0,08	-0,05	-0,08	-0,09	-0,09
10	0,17	0,01	0,10	0,08	-0,12	0,02	-0,08	-0,08	0,11	-0,10	-0,13	0,14
15	-0,10	-0,13	-0,08	-0,12	0,12	-0,13	0,11	0,05	-0,12	-0,13	0,10	0,08
20	0,07	-0,04	-0,08	-0,09	0,07	-0,07	-0,07	0,03	-0,01	0,07	0,08	-0,04
25	-0,01	-0,02	0,09	-0,11	0,05	-0,11	-0,08	-0,09	0,14	0,04	0,02	0,04
30	0,08	0,05	0,15	0,11	-0,12	-0,01	0,05	0,07	-0,15	-0,12	-0,09	0,11
35	-0,04	0,11	0,13	0,12	0,06	0,08	0,08	0,02	-0,04	0,09	-0,08	0,13
40	-0,15	0,14	-0,10	0,05	-0,08	0,12	-0,13	0,03	0,07	-0,08	0,01	0,15
45	-0,02	0,14	-0,01	0,15	-0,14	0,03	-0,03	0,04	-0,09	0,06	-0,08	-0,10
50	0,05	-0,12	-0,03	0,05	0,14	-0,03	0,08	-0,03	-0,02	0,03	0,04	0,06
55	0,04	-0,15	0,11	-0,06	0,04	-0,03	0,07	-0,07	0,11	-0,10	0,05	0,10
60	-0,06	0,01	0,05	-0,03	0,09	-0,10	-0,14	0,09	0,08	-0,14	0,05	0,15
65	0,05	-0,15	0,08	-0,15	0,15	0,05	-0,04	0,03	-0,05	0,05	-0,03	0,11
70	-0,07	0,17	-0,08	0,20	-0,11	0,21	0,17	-0,21	0,16	0,13	0,02	-0,08
75	0,03	-0,16	-0,02	-0,15	0,01	0,05	-0,02	-0,14	-0,05	-0,07	-0,08	-0,15
80	0,09	-0,17	-0,07	-0,11	0,16	0,09	-0,08	0,07	-0,10	-0,21	-0,21	-0,20
85	0,03	-0,11	0,08	0,16	0,19	0,20	0,10	-0,08	0,02	0,09	0,11	0,16
90	-0,02	-0,21	-0,07	0,01	-0,01	0,12	-0,05	-0,17	-0,17	0,04	-0,05	0,13
95	0,17	-0,05	-0,10	-0,04	-0,11	0,08	-0,07	-0,18	0,03	-0,06	-0,20	0,11
100	0,05	-0,22	0,08	0,04	-0,21	-0,13	0,05	0,07	0,10	0,01	0,09	-0,24
105	-0,10	0,03	-0,22	-0,04	-0,24	-0,14	0,24	-0,24	-0,22	-0,21	-0,22	0,15
110	0,12	0,20	0,05	0,07	-0,05	0,13	0,05	0,17	-0,06	0,05	-0,20	-0,07
115	-0,16	0,26	-0,07	0,09	-0,02	-0,24	-0,04	0,14	-0,03	0,10	0,20	0,07
120	-0,11	-0,15	0,13	0,19	-0,04	-0,01	0,24	0,08	-0,13	0,17	0,08	0,08
125	-0,24	-0,08	-0,25	0,05	0,11	0,26	-0,02	0,21	-0,12	-0,24	0,20	-0,18
130	0,12	-0,29	0,01	0,11	0,22	0,21	0,19	-0,29	-0,13	0,18	-0,20	0,19
135	0,20	-0,12	0,25	0,04	0,27	-0,26	0,18	-0,16	0,20	-0,02	0,19	-0,17
140	-0,24	-0,29	-0,14	0,24	0,26	0,17	0,06	0,11	-0,12	0,11	0,08	-0,02
145	-0,08	-0,02	0,26	0,15	-0,27	-0,26	-0,14	-0,25	-0,29	0,26	-0,02	-0,28
150	-0,02	0,31	0,18	0,23	-0,30	0,20	-0,25	0,31	0,19	-0,25	0,30	0,29

Incertidumbre de la medición: 0.32 °C

Fin Del Documento



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE ENERLAB S.A.C.

Jr. Los Palmitos N° 127-131 Urb. Los Jardines de San Juan - San Juan de Lurigancho - Lima - Lima
Metrología: (511) 376-9578 RPC: 981452217 / 940247374 RPM: #952033733 / #948975146 / #956031703
e-mail: ventas@enerlab.com.pe / ventas01@enerlab.com.pe / calibraciones@enerlab.com.pe
Ingeniería: (511) 393-6673 Entel: 998880984 e-mail: ingenieria@enerlab.com.pe Web: www.enerlab.com.pe

9.5 Certificado de calibración de regla



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración




LLA - 431 - 2016

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 4

Expediente	90290	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ENERGIA Y LABORATORIOS S.A.C.	
Dirección	Av. Los Palmitos 127 - Urb. Los Jardines - San Juan de Lurigancho	
Instrumento de Medición	REGLA	
Intervalo de Indicación	0 mm a 100 mm; 100 mm a 1 000 mm	
Resolución del Dispositivo Visualizador	0,5 mm; 1 mm	
Marca	MITUTOYO	
Modelo	182-309	
Material	ACERO	
Número de Serie	EL-PRL-011 (*)	
Fecha de Calibración	2016-08-22	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Responsable del Área de Mecánica	Responsable del laboratorio
 2016-08-22	 ALDO QUIROGA ROJAS	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 815, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 040-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Certificado de Calibración

LLA – 431 – 2016

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación por el método de comparación, utilizando una regla metálica y un magnificador óptico.
Se tomó como referencia la Norma OIML R 35 - 1 2007 (E)

Lugar de Calibración

Laboratorio de Longitud y Angulo
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

La temperatura se ha mantenido dentro de los límites siguientes: $20,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de la Dirección de Metrología Láser estabilizado de He-Ne 633 nm	LA 07 039 Regla de acero Clase I	INACAL DM/LLA-285-2016
Patrones de la Dirección de Metrología Microscopio de Herramientas	LA 06 016 Magnificador óptico con retícula de medición Con incertidumbre del orden de 5 μm	INDECOPI SNM/LLA-142-2013

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM.
Los errores máximos permitidos especificados en la tabla de resultados son referenciales, debido a que el instrumento no especifica la clase de exactitud.
(*) El instrumento no tiene número de serie. Esta identificación se encuentra pegada sobre el instrumento.

Certificado de Calibración LLA – 431 – 2016

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 3 de 4

Resultados de Medición

INDICACION DEL INSTRUMENTO (mm)	VALOR CONVENCIONALMENTE VERDADERO (mm)	ERROR ENCONTRADO (mm)	INCERTIDUMBRE (mm)	ERROR MAXIMO PERMITIDO CLASE II ± (mm)
0	0,0	0,0	0,1	0,6
20	20,0	0,0	0,1	0,6
40	40,1	-0,1	0,1	0,6
60	60,1	-0,1	0,1	0,6
80	80,1	-0,1	0,1	0,6
100	100,1	-0,1	0,1	0,6
200	199,9	0,1	0,1	0,6
400	400,0	0,0	0,1	0,6
600	600,0	0,0	0,1	1,0
800	800,0	0,0	0,1	1,0
1000	1000,1	-0,1	0,1	1,0

Nota: Se tomó como referencia el borde inicial de la regla para la indicación de 0 mm.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración LLA – 431 – 2016

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas ISO Guía 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

10 BIBLIOGRAFIA

- DIN 8966:1993 “Temperature measurement of the air in refrigerated display cabinets and commercial refrigerated storage cabinets”
- Dirección de Metrología, 2012 3ra edición, Vocabulario Internacional de Metrología, Perú, INACAL
- EURAMET CG-20 v.3 (03/2011) “Calibration of Climatic Chambers. Guidance for Calibration Laboratories”.
- Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008
- Hernandez Sampieri, Roberto; Mendez Valencia, Sergio (2017) Fundamentos de investigación. Mc Graw Hill. México
- Hernandez Sampieri, Roberto; Zapata Salazar, Nancy (2013) Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. México.
- Norma DIN 12880: Electrical laboratory devices - Heating ovens and incubators, 2007. German
- Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, (2008) The International System of Units (SI), Paris, STEDI MEDIA
- Servicio Nacional de Metrología Indecopi, (2009), Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isoterms con aire como medio termostático, Perú, Indecopi.
- Zubizarreta, Armando (1983) La aventura del trabajo intelectual. Segunda edición. Fondo Educativo Interamericano. Mexico